

資料 1－2

科学技術・学術審議会  
測地学分科会（第25回）  
H24.4.20

「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の  
実施状況等のレビューについて（報告）

平成24年3月

科学技術・学術審議会  
測地学分科会

# 目次

I. 前書き	1
II. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の基本的な考え方	2
III. 「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」	3
1. 本震	
2. 余震・誘発地震・余効変動	
3. 本震に先行した活動	
4. 過去の巨大地震とテクトニクス	
5. マグニチュード 9 の地震規模に達した理由	
6. マグニチュード 9 の地震の発生可能性を事前に指摘できなかった理由	
7. 今後の展望	
IV. 近年発生した地震および火山現象に関する重要な観測研究成果	
1. 主な地震	8
(1) 2007 年（平成 19 年）能登半島地震	
(2) 2007 年（平成 19 年）新潟県中越沖地震	
(3) 2008 年中国四川地震	
(4) 2008 年（平成 20 年）岩手・宮城内陸地震	
(5) 2009 年駿河湾の地震	
2. 主な火山噴火	10
(1) 桜島	
(2) 霧島山（新燃岳）	
V. 観測研究計画の実施状況	
1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進	13
(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化	13
(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築	
(2-1) 地震発生予測システム	16
(2-2) 火山噴火予測システム	19
(3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築	21
2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進	22
(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震火山現象	22
(2) 地震・火山噴火に至る準備過程	
(2-1) 地震準備過程	27
(2-2) 火山噴火準備過程	32
(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程	
(3-1) 地震発生先行過程	35
(3-2) 地震破壊過程と強震動	37
(3-3) 火山噴火過程	40
(4) 地震発生・火山噴火素過程	43
3. 新たな観測技術の開発	46
(1) 海底における観測技術の開発と高度化	
(2) 宇宙技術等の利用の高度化	
(3) 観測技術の継続的高度化	
4. 計画推進のための体制の強化	50
4. 1 実施状況及び成果	50

4. 2 今後の展望	5 4
VI. 総括的評価	
1. 現行計画策定までの経過	5 8
2. 平成 23 年東北地方太平洋沖地震	5 9
3. 現計画の成果と課題	6 1
4. 現計画の総括的評価と今後の展望	6 8
5. まとめ	7 1
〔用語解説〕	7 2
参考資料	9 4
1. 地震関係観測点数一覧	
2. 全国の活火山 (110 火山)	
3. 火山噴火予知観測網	
4. 火山関係観測点数一覧	
5. 国立大学法人の常時観測項目と観測点数 (火山)	
6. 気象庁の常時及び定期観測項目と観測点数 (火山)	
7. 防災科学技術研究所の常時観測項目と観測点数 (火山)	
8. 産業技術総合研究所の常時観測項目と観測点数 (火山)	
9. 国土地理院の常時観測項目と観測点数 (火山)	
10. 海上保安庁における海域火山の監視・観測状況 (火山)	
11. 国立大学法人における集中総合観測及び構造探査実施火山の一覧	
12. 気象庁の火山機動観測実施状況	
13. 霧島に関する火山噴火予知連絡会の活動経過	
14. 桜島に関する火山噴火予知連絡会の活動経過	
15. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の個別課題一覧 (機関順)	
16. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の個別課題一覧 (項目順)	
17. 東京大学地震研究所 (共同利用・共同研究拠点) の予知公募研究リスト	
18. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」実施機関 (地震・火山)	
19. 国際共同研究一覧 (地震・火山)	
20. 予算及び機構定員整備状況 (地震・火山)	
21. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」に関する主要論文リスト	
22. 国立大学法人における集中総合観測及び構造探査実施火山の報告書一覧	
23. 国際協力機構火山学総合土砂対策コース研修員受入れ人数	
24. 第 6 期科学技術・学術審議会測地学分科会委員名簿	
25. 第 6 期科学技術・学術審議会測地学分科会地震火山部会委員名簿	
26. 第 6 期科学技術・学術審議会測地学分科会地震火山部会観測研究計画推進委員会委員名簿	
27. 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の実施状況等のレビューに係る審議状況	

## 1. 前書き

プレートの沈み込み帯に位置する我が国は、世界有数の地震火山国である。これまで多くのプレート境界地震や内陸地震などが発生し、度々地震災害に見舞われてきたが、中でも平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震では地震に伴って巨大な津波が発生し、多くの尊い人命が失われた。一方、火山噴火も有史以来しばしば発生し、地域社会に甚大な被害を与えてきた。先史時代にはカルデラを形成するような巨大噴火も発生している。

このように何度も地震及び火山災害を経験してきた我が国においては、地震及び火山噴火予測の実現とそれによる災害の軽減は社会的な要請であり、昭和40年度から地震予知計画が、また、昭和49年度から火山噴火予知計画が、それぞれ測地学審議会(現在の科学技術・学術審議会測地学分科会)の建議に基づき複数回の計画として実施されてきた。この間、平成7年(1995年)兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災を契機に、地震防災対策特別措置法に基づき地震調査研究推進本部が発足し、地震防災に資する地震調査研究を国として一元的に推進する体制が整備された。その中で、地震予知のための観測研究は当面推進すべき施策の一つとして位置付けられた。また、前兆現象の検知のみに基づく地震予知は困難であるとの認識がなされ、平成11年度には、地震発生に至る全過程を理解することにより地震発生予測への道筋を開くことを基本方針とする「地震予知のための新たな観測研究計画」が策定され、平成20年度まで2回の5か年計画として実施された。一方、火山噴火予知研究については、平成20年度までに計7回の5か年計画が実施され、適切な観測体制が取られた火山では、噴火時期をある程度予測できるようになった。しかし、噴火の様式や規模などの噴火推移予測については経験則に基づく予測が成立する場合を除き困難であるとの認識がされた。

このような状況の中で、平成20年度に「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について」が建議され、平成21年度から地震予知研究と火山噴火予知研究を統合した観測研究が新たに開始された。その基本的考え方は、II章で述べるとおりである。

ところが、この新たな研究計画の成果が上がりつつあった平成23年3月に東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震はマグニチュード9.0の超巨大地震であったが、現行計画ではこのような超巨大地震の発生の可能性についてほとんど追究されていなかった。また、この地震発生後は広域で顕著な余効変動が継続しており、列島規模の応力場の変化により新たな大地震や火山噴火が発生する可能性もある。これらを踏まえ、現在進行中の現象を的確に捉える観測研究を速やかに実施して、超巨大地震の発生機構や超巨大地震の発生に起因する現象の解明を行うため、科学技術・学術審議会測地学分科会は、現行の「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の見直しを行っている。

本レビューは、本来は現行計画を対象としたものであるが、東北地方太平洋沖地震の発生を踏まえて超巨大地震の発生予測の観点からも検討を行い、次期計画の策定を視野に入れて総括的自己点検評価を行うものである。このため、III章では東北地方太平洋沖地震について特別に取り上げ、その地震像についての現在の理解と今後に向けての課題をまとめる。また、IV章では、東北地方太平洋沖地震以外の近年発生した地震及び火山現象に関する重要な観測研究成果を述べる。前回のレビュー以降の実施状況とその成果については、研究計画の項目ごとに今後の展望も含めV章にまとめる。さらに、VI章では計画全体を総括的に評価し、今後の進むべき方向などを展望する。

測地学分科会地震火山部会の下に設置された観測研究計画推進委員会は、計画全体の進捗状況を把握し、関係機関における観測研究の成果を年次報告として取りまとめて公表してきた。今回のレビューは、平成19年度以降の地震予知研究と火山噴火予知研究の進捗状況について、同委員会で取りまとめを行った年次報告や関係各機関に対し提出を求めたレビュー資料などを基礎として、同委員会での検討を経て、地震火山部会が取りまとめたものである。

## II. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の基本的な考え方

地震発生と火山噴火は、海洋プレートが日本列島下に沈みこむ際に生じる地殻・上部マンツルの構造不均質と力学的・化学的不安定が原因である。このように、地震及び火山噴火活動は同じ地球科学的背景を持った自然現象であり、それぞれの現象に共通の場の理解を深める必要性が強く認識されるようになった。このため、地震予知研究と火山噴火予知研究のこれまでの成果に基づいて、新たに両研究が連携して実施できるように、二つの計画を統合した「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」が、平成21年度から平成25年度までの5か年計画として策定された。その基本的な考え方は以下のとおりである。

近年の研究の進展によって、海洋プレートの沈み込みと巨大地震の発生、マグマの発生と蓄積・移動、内陸の大地震の発生を、関連する現象として包括的に研究することが現実的になってきた。したがって、地震予知研究と火山噴火予知研究で共通の課題を設定して共同で観測研究を実施する。また、両者には、測地学・地震学・電磁気学等の共通の観測手法で研究することのできる対象が多い。我が国には、世界に類を見ない高密度な地震・地殻変動の基盤的観測網が整備されており、これらの研究資源を地震及び火山現象のいずれの観測研究にも有効に活用する。

また、地震予知研究計画では、これまで、地震発生に至る全過程を理解するための研究を推進し、その成果に基づく地殻活動予測シミュレーションモデルとモニタリングシステムの開発を計画の基本としてきた。現行計画でもこの方針を引き継ぎ、予測科学的視点をより重視する。地震と同じ地球科学的背景を持つ火山噴火についても、同様に予測科学的視点を取り入れた研究を推進し、「予測システムの開発」を志向する。

その一方で、地震発生と火山噴火では、一方は岩石の脆性（ぜいせい）破壊、他方はマグマの流出と爆発的破碎であることから、発生予測の研究戦略や実現の到達度において各々異なる。したがって、両者を統合した現行計画においても、これらの違いを踏まえて、研究を効果的に推進する。

上記のような基本的な考え方に基づいて、これまでの地震予知研究と火山噴火予知研究の成果を十分に生かしつつ、両者を発展的に統合した計画を推進することとした。その際、予知の実現という最終目標に向かって段階的に計画を進めることが必要である。さらに、研究の過程で得られる知見も、地震や火山噴火に対する防災や減災に有益であることから、研究の成果を積極的に社会に発信していく必要がある。

このような考え方に従い、現行計画では、「予測システムの開発」をより明瞭に志向した研究に重点を置くこととし、以下の4項目を柱として推進している。(1)地震・火山現象予測のための観測研究。(2)地震・火山現象解明のための観測研究。(3)新たな観測技術の開発。(4)計画推進のための体制の強化。このうち、(1)では、地震・火山現象のモニタリングシステムを更に発展させ、そのデータを用いて地震・火山現象の推移予測を行うための予測システムを開発する。さらに、データベースを構築して情報の統合化を図る。(2)では、予測システムの開発の基礎となる、日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象、地震及び火山噴火に至る準備過程、地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程、地震発生・火山噴火素過程の解明のための観測研究を推進する。(3)では、地震・火山現象やその発生に至る過程に伴う地殻現象を高精度で検出するため、海底における観測技術の開発をはじめとして、地下の状態のモニタリングや噴火活動域における観測技術の高度化、宇宙技術などの利用の高度化を進める。(4)では、計画を一層効果的に推進できる体制の整備や、観測研究プロジェクトを立案・推進するための広く開かれた仕組みの整備を図る。また、成果を社会に効果的に提供するなど、地震・火山噴火災害軽減に関する社会的要請に応えるよう努める。

### Ⅲ. 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震

#### 1. 本震

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分に、宮城県沖を破壊の開始点として太平洋プレートと陸のプレートとの境界の南北約 500 km、東西約 200 km の巨大な領域を約 3 分間かけて破壊したマグニチュード (M) 9.0 の「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」が発生した。この地震の規模は我が国の観測史上最大であり、また 1900 年以降に世界で発生した地震でも 4 番目に大きな地震であった。最大震度は宮城県栗原市の震度 7 であり、宮城、福島、茨城、栃木の 4 県に及ぶ広い範囲で震度 6 強を観測した。

この地震により、東北地方の太平洋岸は最大で約 5 m 東に動き、また最大約 1 m 沈降したことが GPS 観測により明瞭に捉えられている。また、宮城県沖における海底地殻変動観測では、最大で約 31 m 東南東に動き、また約 5 m 隆起した観測点もあった。さらに、詳細な海底地形調査により、本震震源近傍の海溝陸側斜面が東南東方向に約 50 m、上方に約 7 m 移動したと推定されている。これらの海底地形調査と地殻変動観測データから、本震の破壊開始点付近から海溝にかけての領域のプレート境界浅部では最大 50 m 程度の滑りを生じたと考えられる。深部でも 1978 年宮城県沖地震の震源域では同じ深さの別の領域より大きな滑りを生じた。

地震波の解析でも上記の滑り分布の特徴が大局的には支持される。更に詳細に見ると、短周期の地震波はプレート境界深部の陸に近いところから多く放出され、強震動を引き起こした。福島県沖と茨城県沖の境界付近の領域でも短周期の地震波が放出されたことが確認されている。

以上のように、この地震では広大な断層面が大きく滑り、波長の長い津波を発生させた。さらに、海溝近くでの特に大きな滑りによって短波長で極めて波高の高い津波を重畳させたと考えられる。津波の高さは場所によっては 10 m を超えたと推定されており、最大遡上高は約 40 m に達し、また海岸から内陸に最大約 6 km まで浸水し、東日本の太平洋岸に甚大な津波被害が発生した。

#### 2. 余震・誘発地震・余効変動

M7 以上の余震は 2011 年 10 月末までに 6 回発生している。本震発生後、1 時間以内に岩手県沖 (M7.4) と茨城県沖 (M7.6) のプレート境界地震と海溝軸の東側で正断層型地震 (M7.5) が発生した。また、4 月 7 日に逆断層型地震 (M7.2) と 7 月 10 日に横ずれ断層型地震 (M7.3) がスラブ内で発生した。一方、内陸では、4 月 11 日に福島県南東部で正断層型地震 (M7.0) が発生している。

また、プレート境界で発生する余震は、滑りの大きな領域では活動度が低く、その周辺部に集中している。プレート境界の上盤・下盤のプレート内の余震は正断層型が卓越している。本震前と後の地震の発震機構解のデータを解析したところ、本震前のせん断応力は 20 MPa 程度と極めて小さな値が見積もられた。しかもその大部分が今回の地震で解放されたことが明らかになった。プレート境界の摩擦係数が通常の岩石と大きく変わらない場合、この結果は、プレート境界の有効法線応力が静岩圧よりも一桁小さいことを意味する。これは海溝近くの大きな滑りの原因を考える上で、非常に重要な観測事実である。

本震の直後から、日本の広い領域で地震活動が変化し、3 月 12 日の長野県北部の地震 (M6.7)、3 月 15 日の静岡県東部の地震 (M6.4)、4 月 11 日の福島県浜通りの地震 (M7.0) などの被害地震が発生した。東北地方では応力場が変化したことにより、これまで活動度が低かった場所で地震活動が活発化した。今回の地震に伴う静的応力変化は東北地方でも 1 MPa 程度以下に過ぎないが、発生する地震の発震機構解は大きく変化しており、プレート境界と同様に、これらの地震活動が発生した断層の強度もかなり低い可能性がある。また、全国の約 20 の火山周辺において地震活動が活発化した。過去には 869 年の貞観地震の後、871 年に鳥海山 (秋田県・山形県) が噴火している。1896 年の明治三陸地震 (M8.2) の 2 か月後に内陸で陸羽地震 (M7.2) が発生した事例もあり、今後、内

陸の地震活動と火山活動が更に活発化する可能性がある。

本震の滑り量は主として宮城県沖の海溝軸近傍で大きかったが、余効滑りは岩手県南部から宮城県にかけての海岸線のすぐ沖や千葉県沖で顕著である。今回の震源域の北隣りには1994年三陸はるか沖地震 (M7.6) や1968年十勝沖地震 (M7.9) の震源域があり、南隣りの房総沖では1677年に延宝地震 (M8.0) が発生したことが知られている。今回の地震とその余効滑りによってこれらの震源域への応力集中が進むと、これらと同程度の地震が生じる可能性がある。また、海溝軸より東側においても本震直後の余震 (M7.5) よりも大きな余震が起こる可能性がある。

### 3. 本震に先行した活動

2005年の宮城県沖の地震 (M7.2) の後、宮城県沖から茨城県沖にかけて発生したM6.5以上のプレート境界地震は大きな余効滑りを伴うことが多かった。特に福島県沖で2008年7月19日に発生したM6.9の地震と2010年3月14日のM6.7の地震では、地震時よりも大きなモーメントの余効滑りを伴っており、これらの活動は、本震に先行するプレート境界での「固着の剥がれ」を示していた可能性がある。

本震の破壊開始点の東から北東側では、2011年2月中旬から下旬にかけてM5クラスの4回の地震を含む群発的活動があり、その後3月9日のM7.3の地震 (前震) に至った。この地震の余震のb値は極めて小さかったが、通常この付近で発生する地震のb値は小さかったこともあり、特に異常と考へなかつた。地殻変動観測と地震観測データの詳細な解析により、本震の破壊開始領域に向かって前震の余効滑りが拡大したことが明らかになった。この前震の余効滑りはMw7.0相当とかなり大きいため、これが本震の破壊を励起した可能性が高いと考えられる。陸上のひずみ計や傾斜計のデータでは前震の余効滑りは捉えられているものの、本震の直前に加速する滑り (プレスリップ) が発生したことを示すデータは得られておらず、プレスリップが発生していたとしてもモーメントマグニチュード (Mw) は6.3以下と考えられる。ただし、前震活動域は本震の震源域の中に含まれていることから、前震活動とその余効滑りが本震の震源核形成過程である可能性が指摘されている。

前述のとおりこの前震活動を含む領域ではb値は常に小さいが、長期的に見て次第に減少してきた傾向が見られ、特に5年ほど前から明瞭に低下していた。また、この頃から地球潮汐 (ちょうせき) による応力変化と地震活動に明瞭な相関が現れていた。これらのことから、本震の破壊開始点近傍にひずみがたまり、大きな地震が起こりやすい状態になっていた可能性がある。

そのほか、本震に先行した現象の例として、東北地方上空の電離圏において、本震発生の約40分前から最大1割近くに達する総電子数 (TEC) の正の異常が報告されている。TECの異常の原因と本震の因果関係は不明であるが、同じ解析を2004年のスマトラアンダマン地震 (M9.1) や2010年のチリ地震 (M8.5) に適用すると同様の現象があったとする報告もある。

### 4. 過去の巨大地震とテクトニクス

三陸地域は、1896年明治三陸地震 (M8.2) や1933年昭和三陸地震 (M8.1) などによって、過去に何度も大きな津波に襲われてきた。宮城県南部以南でも、869年貞観地震や1611年慶長地震 (M8.1) などによって大きな津波が押し寄せたことが知られている。津波堆積物調査により、これらも含めて450~800年に一度程度、大きな津波があったことが分かっているが、津波の規模や発生時期については、そのほとんどがよく分かっていない。ただし869年貞観地震については、津波堆積物の分布が比較的詳細に調べられている。その結果、宮城県南部の津波の浸水域が今回の地震の浸水域と似ており、少なくとも宮城県沖から福島県沖にかけてのプレート境界において、今回の地震と同程度の滑りが生じていた可能性が高いことが明らかになった。1611年慶長地震については三陸で大きな津波があったことは知られているが、津波堆積物の分布はよく分かっておらず、震源域の推定のためには更なる調査が必要である。

地質学や地形学的知見として、東北地方太平洋岸は十万年程度の期間では隆起ないしほぼ中立的な状況であった。一方、数十年間の測地学的観測では地震時も含めて経年的に沈降していた。このため、この沈降を解消するようなプレート境界面の滑りなどがいつかは生じると考えられ、例えば、巨大地震の後に、陸域の下の方部プレート境界で巨大な余効滑りが生じて海岸が隆起する可能性が指摘されていた。しかし、今回の地震については、今のところ深部の余効滑りがそれほど大きくはなく、このままでは海岸が地震前の高さに戻るには非常に長い時間が必要となる。沈降現象を短期間で解消するためには、深部プレート境界で大きな地震またはゆっくり滑りが発生しなければならない。

## 5. マグニチュード9の地震規模に達した理由

今回の地震の余震活動を利用して推定されたプレート境界の強度は、20 MPa 程度と極めて小さかったにもかかわらず、最大で50 m程度の滑りを生じM9の地震が発生した。これは50 mの滑り欠損を蓄積し得る摩擦強度があったことを意味している。このことはどのように考えればよいのだろうか。

今回の震源域の幅は200 kmもあったので、最大50 m程度の滑り量があったとしても応力降下量はせいぜい20 MPa程度であったと考えられる。つまり、20 MPa程度の強度であっても、残留せん断応力がゼロになるまで滑れば、今回のような大きな滑りは説明できる。余震の発震機構解からは、本震時に広域のプレート境界の残留せん断応力がほぼゼロになるまで大きく滑ったとの考えが支持される。残留応力がゼロになるメカニズムとしては、摩擦発熱による間隙圧上昇や、滑りが海底まで達したことなどが考えられる。また、海溝近くで特に大きく滑った理由として、この領域の強度が周辺より大きかった可能性や海溝付近の上盤側の弾性定数が小さいことが原因している可能性がある。滑り域が広くなったのは、条件付安定領域（通常はゆっくり滑りが発生するが、大きな応力擾乱（じょうらん）を受けた時には高速滑りが生じる領域）が広域に及んでいたとする考え方もある。

現時点では、まだどの地震発生モデルがより真実に近いのかは明らかになっておらず、別のモデルも含めて、今後検討する必要がある。

## 6. マグニチュード9の地震の発生可能性を現行計画の研究として取り組めなかった理由

東北地方のような古くて冷たいプレートが沈み込んでいるところでは、プレートが重いために沈み込みやすく、プレート境界の有効法線応力が小さくなってせん断強度も小さくなるために、大きな地震は生じにくいとする考え方が1970年代に提唱されて、広く受け入れられてきた。一方、1990年代末から2000年代初頭にかけてのGPS観測により、東北地方は毎年2 cm程度ずつ短縮していることが判明し、これを元にプレート境界の滑り欠損の蓄積速度を推定したところ、宮城県沖から福島県沖にかけての広い領域で滑り欠損の蓄積が進行していることが明らかになった。このため、将来、この領域で巨大な地震が発生する可能性を指摘した研究もあった。また、スマトラアンダマン地震以降、あらゆる沈み込み帯において超巨大地震の発生の可能性を指摘する研究もあった。

しかしながら、東北地方では（1）普段の地震活動が活発で、特に小繰り返し地震活動が極めて活発である、（2）大地震の余効滑りが地震時滑りと同程度以上の規模となることが多い、という観測結果が得られておりプレート境界の固着が小さいことを示唆していた。また、約100年間の三辺三角測量の結果でも、東北地方の太平洋側では、宮城県北部沖などの大地震があったところを除いて、固着を示唆する東西方向の短縮がほとんど見られないことも指摘されていた。一方、宮城・福島県沖では1997年から2002年頃にかけてGPS観測で滑り欠損の蓄積速度が大きいことが検知されており、この時期には大きな地震も発生していなかったため、プレート境界の固着が大きいと思われていた。しかし、2008年からは、福島県沖で大きな余効滑りを伴う地震が続けて発生し、蓄積さ



れていた滑り欠損はかなり解消されたと考えられていた。このように固着の状態は時間的に変化が大きく、短期間の観測データだけでは長期的なプレート間の滑り欠損の蓄積状況を正確に推定することが困難であった。

今回の地震で大きな滑りが生じた海溝近くのプレート境界では、普段の地震活動が低調で、小繰り返し地震も発生していない。このことは、プレート境界がゆっくり滑っていたか、固着が大きかったのかのいずれかを示しているが、海溝付近のプレート境界の浅部の物性から、この領域では地震は発生せず、50 m もの滑り欠損を蓄積できないと考えられていた。また、この領域は陸から離れているため陸域のGPS観測では固着の状態が正確に把握できなかった。これらが今回のような地震の発生の可能性を追究できなかった理由である。

さらに、モデル化に用いられたのは近代的な観測データに偏っていて、これらが地質学的な時間の中ではごく短期間に過ぎないということを考慮した検討が不十分であったことも問題であった。例えば、単純なアスペリティモデルでは、貞観地震のような低頻度の巨大地震を説明できなかったにもかかわらず、その検討が十分ではなかった。また、M9の地震を発生し得る領域を特定するには、近代的な観測データだけでは不十分であった。

## 7. 今後の展望

自然災害は、災害誘因（ハザード）としての自然現象と社会の脆弱（ぜいじゃく）性の相乗効果として生じる。この災害誘因を正しく理解し、その予測を行うことが本研究の目指すところである。しかし、スマトラ沖や東北地方太平洋沖で超巨大地震が発生すると考えていた研究者は、世界的に見ても少数であり、データも限られていたことから検証が十分ではなかった。このような状況を打破するためには、超巨大地震が生じる可能性の有無を、世界中のあらゆる沈み込み帯において十分に検討していかなければならない。超巨大地震の発生ポテンシャルと発生サイクルを正しく評価し、減災に役立てるためには、まず、今回の地震の発生に至る過程と地震時の震源過程及び地震後の地殻活動を正しく理解するとともに、過去の履歴調査や構造探査の成果も活用する必要がある。さらに、今回の震源域以外の領域でも海溝付近の海底観測網を充実させて滑り欠損の状況を把握し、また地質調査により長期の地震活動履歴を明らかにしてゆく必要がある。津波被害の軽減のためには、海底地震観測網や海底津波観測網の充実が重要である。

### （超巨大地震発生機構の解明）

今回の地震において海溝付近で50 mにも及ぶ巨大な滑りが生じた理由や、震源域が巨大となった理由について、幾つかの仮説が提案されている。これらの検証を今後進め、今回の超巨大地震の発生に至る過程を正しく理解する必要がある。この理解に基づき、これまでの単純なアスペリティモデルに固執することなく、長期的な活動履歴を説明できるような柔軟なモデルを構築する必要がある。具体的には、構造不均質性の効果や摩擦発熱などの動的効果を考慮したシミュレーションを実施し、観測データと比較することにより、プレート境界における地震の多様性や階層性についての理解を深めていくことが重要である。

### （低頻度大規模地震の理解）

超巨大地震の準備過程は、地球物理学的データが得られている期間よりも長期にわたっている可能性が高いことに注意する必要がある。このような極めて低頻度で生じる現象の理解のためには、古地震調査をこれまで以上に充実させる必要がある。また、超巨大地震は、まれにしか発生しないため、海外で発生した超巨大地震について、国際協力に基づく研究を推進することが重要である。さらに、このような低頻度の現象を予測するための統計的手法の開発も行う必要がある。

### （長期的な余効変動の解明）

地震後の余効変動は、今回の地震像を明らかにする上で重要なだけでなく、地震サイクルの全体像を明らかにする上でも重要であり、更にどこで大きな余震や誘発地震、火山噴火が起こる可

能性があるのかを推定する上で重要である。特に地震発生直後は、変動速度が最も大きいと予想されるため、なるべく早い段階で詳細な測地測量・地殻変動観測・地震観測・火山観測を行い、後年のデータと比較するための基礎データを取得することが必要となる。

地震前と地震時に生じた海岸部の沈降は陸域深部の余効滑りで解消されると考えられていたが、現時点まででは深部の余効滑りが顕著ではない。このままでは海岸部が元の高さに戻りそうもないことをどう理解すればよいのかが重要な問題となるため、海域及び陸域における地殻変動観測の充実は極めて重要である。なお、今回の地震の余効変動は数十年にわたって継続すると予想され、M9の地震の全貌を把握するためには、長期にわたるデータの蓄積が本質的に必要である。

#### (誘発活動の解明)

今回のM9の地震の発生により、列島規模で応力場が変化し地震活動が広域に活発化した。このような誘発された現象と、本震と余効滑りに伴うひずみと応力の変化を比較することにより、内陸の非弾性変形と地震発生過程を詳細に検討することは、内陸地震の発生モデルを発展させる上で極めて重要である。

#### (ひずみの蓄積・解消過程の解明)

今回、海溝付近で大きな滑りが生じたことが明らかになっている。このような地震時に大きな滑りを生じる可能性のある場所がほかにも存在するかどうかを、海溝軸に沿った滑り欠損の蓄積速度の分布から推定することが重要である。そのためにはまず、海溝軸近傍での海底地殻変動観測を多点で行うことが極めて重要である。海溝付近で滑り欠損が生じる原因と、ひずみエネルギーの解消過程を理解するためには、分岐断層の分布やその滑り履歴調査も含めた多面的な研究が必要であり、このためには、特に浅部の高解像度構造探査ならびに多点掘削調査や、海溝軸近傍での深部掘削調査が有効であると考えられる。

#### (先行現象の解明)

今回の地震では前震活動が見られ、その余効滑りが最終的な破壊のきっかけとなったと考えられるが、これまで実験や数値シミュレーションで示されていたような、破壊直前に時間とともに加速していく破壊核形成過程は捉えられていない。これが今回の地震の震源域のように通常時の地震活動が活発な領域で特有の現象なのか、それとも本質的に破壊核は小さいのか、あるいは単純な破壊核形成モデルが自然地震には適用できないのかについて、今後検討していく必要がある。前述の通り、今回の地震に先行した現象が幾つか見付かっているが、それらが超巨大地震の発生と因果関係があったかどうかについて、他の超巨大地震の前の状況や何もイベントのない時期のデータとの比較から十分に検討していかなければならない。また、こうした観測データの解析だけでなく、物理的メカニズムを明らかにするための数値実験やアナログ実験、理論的考察等も重要である。

#### (津波予測の高度化)

地震の伴う津波被害の軽減のためには、津波予測の高度化も重要な問題であり、今後、予測手法の開発と高度化に有効な観測網の構築が必要である。特に、海底水圧計観測による連続監視は、海岸における津波の高精度推定にも極めて有効であることが今回の地震で明らかになり、海底観測の技術開発を一層推進する必要がある。さらに、得られたデータの即時処理を含め処理技術の高度化が重要である。

#### IV. 近年発生した地震及び火山現象に関する重要な観測研究成果

##### 1. 主な地震

###### (1) 2007年(平成19年)能登半島地震

2007年3月25日に2007年能登半島地震(M6.9)が発生し、石川県北部で最大震度6強を観測し、能登半島周辺に大きな被害をもたらした。この地震の余震は陸域のみならず能登半島西方沖にも広がって発生し、震源域は海域から能登半島の内陸にまで広がっている。SAR 干渉解析によってこの地震に伴う陸域地殻変動が面的に得られ、震源断層面の推定に大きく貢献した。本震の震源断層の走向は東北東-西南西方向で、傾斜角65度であり、能登半島西岸の深さ約10kmの地点から破壊が開始し、そこから浅い方に滑りの大きな領域が広がっていることが分かった。また、この地震断層の平均滑り量は1.1m、Mw6.6、破壊継続時間は約9秒であると推定された。

この地震では特徴として以下のことが挙げられる。まず、前震が二つあったことである。一つは、本震の約12分前に本震破壊開始点のごく近傍で発生したM2.2の地震であり、もう一つは主要破壊開始0.6秒前に発生した本震の初期破壊過程と思われるM4.4の地震である。次に、震源域の構造の特徴である。地震波トモグラフィーの結果から震源域近傍は速度が遅い領域であることが、また、電磁気探査からは本震及び余震域より深い領域に低比抵抗領域が存在し、断層北東端の余震活動が低調である領域は高比抵抗であることが明らかになった。これらは、この地震の発生に地殻流体が関与している可能性を示唆するものである。さらに、発震機構解から断層面上で応力場が変化しており、断層面上の浅部では横ずれ型の応力場であるが、深部では逆断層型の応力場へ変化していることが明らかとなった。

能登半島とその周辺では、これまで1600年以降M7を超える地震が発生したことは知られていなかったが、能登半島西方沖には、北東-南西方向に伸びる長さ20kmの逆断層型の活断層があることが知られていた。精度よく再決定した余震分布と活断層の位置を比較すると、能登半島地震の震源断層とこの海底の活断層の深部延長が一致し、この海底活断層が能登半島地震の震源断層であることが明らかになった。これは将来起こり得る内陸地震の規模を推定する際、陸上の活断層だけでなく沿岸の海底にある活断層についても調査することが必要であり、陸上の断層と海底の断層が同時に滑る可能性も考慮する必要があることを示している。

###### (2) 2007年(平成19年)新潟県中越沖地震

2007年7月16日に新潟県中越沖地震(M6.8)が発生し、新潟県と長野県の一部で最大震度6強を観測した。震源は2004年(平成16年)新潟県中越沖地震(M6.8)から北西に約30km離れた場所に位置する。本震の発震機構解は、西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であり、地殻変動データ・強震動記録による本震の滑り量分布の推定や、海陸合同の高密度な観測網による精密な余震分布や地下構造などの解析が行われた。

この地震の特徴は、単一の断層面の破壊ではなく、傾斜方向の異なる2つの震源断層が破壊したことである。多くの余震は南東に傾斜する面状に分布しているが、破壊開始点(震源域北東部)の近傍では北西傾斜の分布をしている。地殻変動データの解析から、南東傾斜の断層に加えて北西傾斜の断層も存在するモデルが、データをより良く説明できることが分かった。震源近傍の強震動観測点では、滑り量の大きな領域から放射されたと考えられる明瞭な2つのパルス状の地震波(卓越周波数が約1Hz)が観測された。これらのパルスの発生源は、破壊開始点付近と断層の南西部に位置することが分かった。また、海域での構造探査によると、震源域北西側には南東傾斜の震源断層とほぼ同じ方向に伸びる活断層や活しゅう曲構造が見られた。

本震発生後には、断層の浅部と深部で余効滑りが生じていた。また、SAR 干渉解析により、震央から15km内陸側の西山丘陵西側斜面で、急速な活しゅう曲の成長を示す地殻変動が生じたことを見出した。さらに、高密度な余震観測網により極めて高い空間解像度で推定された地震波速

度構造によると、日本海拡大時に形成されたリフト構造が中越地域の分厚い堆積層の下に埋もれていることが明らかとなった。

これらのことから、この地震と2004年新潟県中越地震は、共に過去の日本海拡大によって造られた正断層が、現在のプレートの沈み込みによる圧縮場により逆断層として再活動した可能性が高いことが示唆される。さらに、両者の震源域直下には低速度域が局在し、低比抵抗領域が広がっていると推測されている。また、広域の地震波トモグラフィーの解析によれば、低速度域は最上部マントルの深さまで延びていることが示され、この地域で採取された地下水のヘリウム同位体比にもマントル起源物質の特徴が見られることから、マントルからの流体が上昇し、それが両地震の発生に関与している可能性が高いことが示された。

地質調査や地震波トモグラフィー解析に基づいた構造モデルを用いて、断層運動のシミュレーションを行った。その結果、下部地殻の粘性変形の効果により、2004年新潟県中越地震が2007年新潟県中越沖地震を誘発した可能性があることが分かった。

### (3) 2008年中国四川地震

2008年5月12日に中国四川省においてM7.9の四川地震が発生し、震源域に甚大な被害をもたらした。震源断層は、四川-雲南活動帯のチベットブロックと南中国ブロックの境界である鮮水河-安寧河-小江断層帯から、北東に派生した北東-南西の走向を持つ龍門山断層帯に位置する。GPS観測から、この断層帯を境界とするブロックは数mm/年の速度で相対運動を行っていることが推定されており、四川地震はこれらブロックの相対運動によるひずみの蓄積が原因となって発生したものと考えられる。ブロックの相対運動速度と地震時の滑り量を考慮すると、同程度の規模の地震は千~三千年程度の繰り返し間隔で発生する可能性があると考えられる。遠地地震波形と強震動波形を用いた震源過程解析から、震源域の南西部に滑りが大きい領域があり、最大滑り量は9mであると推定された。

SAR干渉解析では、数メートルを超える変動を捉えることは困難であるため、四川地震による断層近傍の大きな変位を正確に推定することは難しい。ピクセルオフセット解析により、四川地震の断層周辺の大規模な変位の分布を、高い空間解像度で推定した。この解析から、滑りは断層の北東部では右横ずれ、南西部では右横ずれと逆断層の成分を持ち、北東部では一枚の断層が、南西部では複数の断層が活動したことが分かった。さらに、この解析と通常のSAR干渉解析を組合せて、四川地震に伴う広域の地殻変動が高解像度で求められ、震源断層の形状や断層の滑り分布の推定に利用された。

### (4) 2008年(平成20年)岩手・宮城内陸地震

2008年6月14日に、岩手県と宮城県の内陸県境付近で2008年岩手・宮城内陸地震(M7.2)が発生した。岩手県奥州市と宮城県栗原市では震度6強を観測し、両市を中心に大きな被害が生じた。大学と防災科学技術研究所は、本震直後から震源域直上とその周囲の岩手県南部から宮城県北部の広い領域で緊急の余震観測及びGPS観測を実施し、詳細な余震分布と三次元地震波速度構造を推定した。本震断層に対応すると考えられる西傾斜(傾斜角約40度)の余震の分布と、震源域中央から南部にかけて東傾斜の2つの傾斜方向の異なる余震分布が明らかになった。また、本震の震源付近では西傾斜の余震の分布に対し上盤側が下盤側に比べて地震波速度が低いことが分かった。この結果は、かつて日本海拡大時に生成された正断層が、1500万年経過した現在の応力場により、逆断層として再活動して今回の地震を生じさせた可能性を示している。

GPS観測から地震発生後に北上低地西縁断層帯の南端である出店断層などで余効滑りが発生していたことが明らかになった。本震の断層面上での滑り分布と比較したところ、地震時は震源断層の深い領域、余効滑りは浅い領域で滑り量が大きく、地震時の滑りと余効滑りの場所が異なっていることが分かった。長期の観測データによると、主要な余効滑りは本震後約1か月で終わり、その後の変動は、弾性層の下に粘弾性層のある二層構造の粘性緩和現象で説明できる。推定され

た弾性層の厚さは17～31 kmの範囲にある。

広帯域MT観測から、本震の震源域東部の深さ5 km付近に顕著な低比抵抗領域が見出された。断層面及び余震分布域は高比抵抗領域にあり、地震波の高速域に対応していることが明らかになった。また、広域の地震波トモグラフィから、震源域直下の下部地殻から最上部マントルに顕著な低速度域が存在していることが明らかになっており、比抵抗構造と地震波速度構造から、地殻流体の分布がこの地震の発生に密接に関与していることが示唆された。これらは2004年中越地震、2007年中越沖地震、2007年能登半島地震と共通の特徴であり、日本で発生する内陸地震の発生機構を解明する上で、重要な成果である。

この地震は、事前に活断層の存在が指摘されていない場所で発生したが、地震直後の大学や国土地理院の調査により活断層の証拠が見付けられ、航空写真やSAR干渉解析などによってその活断層と地震断層との関係が明らかになった。また、震源近傍の強震波形では、表層地盤の非線形挙動が見られ、卓越周波数や増幅率の変化などの非線形応答特性に関するデータが得られた。

#### (5) 2009年駿河湾の地震

2009年8月11日に、駿河湾の深さ約25 kmのフィリピン海プレート内で、M6.5の地震が発生し、静岡県で震度6弱を観測した。発震機構解は、圧力軸が北北東-南南西方向で、横ずれ成分を持つ逆断層型であった。余震は、北西側では北東傾斜、南東側では南東傾斜の2枚の面状に分布することが明らかになった。これらの2面からなる震源断層を仮定して強震動記録を解析した結果、滑り量の大きな領域が2つの面が接する場所に分布していたことが明らかになった。さらに、本震の滑り量を仮定して、想定東海地震の震源断層上での静的応力変化を計算した結果、応力が増加した場所ではプレート境界面の微小地震活動が活発化したとの研究成果もある。この地域では、巨大なプレート境界地震の発生が危惧されている。プレート境界の応力蓄積や固着強度と、このプレート内地震の発生の関連について、研究を推進する必要がある。

## 2. 主な火山噴火

### (1) 桜島

2006年6月に噴火活動が再開した桜島(鹿児島県)の昭和火口では、2009年7月に爆発回数が増え、2009年9月から2010年5月にかけて山体膨張を伴いながら爆発的噴火活動が活発になった。2010年6月中旬から10月までは活動の様相が変化し、地殻変動が山体収縮に転じて爆発頻度と火山灰噴出量が低下した。始良カルデラ直下の深部マグマだまりから桜島直下のマグマだまりへのマグマ供給量は、桜島直下のマグマ蓄積量と火山灰の噴出量の総和から推定され、これが2009年7月頃から増加し始めた。その後、2009年12月から2010年3月にピークに達したが、2010年7月から2010年10月までは低下したと考えられる。

詳しく見ると、2009年7月には、桜島東部の黒神観測井で計測している $H_2$ 及び $CO_2$ ガス濃度が急増した。これは、マグマの先行物質である火山ガスが上昇し、その一部が地表近くまで達したことを示すものであり、今後の活動推移を予測する上で火山ガスの計測が有用であることを示す重要な成果である。火山ガスの上昇・移動は地下の比抵抗変化としても捉えられた。桜島の東西2か所で行ったMT連続観測により、見掛け比抵抗で20%、位相で2%の変動が検出され、マグマに含まれる火山ガスの浅部地下水への混入が比抵抗の変動を引き起こしていると考えられた。

昭和火口から約2.4 km離れた地点で、2009年7月初旬及び10月の2回にそれぞれ10  $\mu$ galの重力の急減が観測された。この時期は桜島直下へのマグマ供給が増加し、爆発活動が段階的に活発化した時期に対応しており、火道中のマグマの頭位の上昇を捉えている可能性がある。

桜島周辺の水準測量によると、1974年～1992年頃の期間は頻繁な小規模な噴火により深部からのマグマの供給と火口からの放出がほぼ均衡し、始良カルデラ直下の深部マグマだまりでは蓄積

が停滞していた。1993年以降、深部マグマだまりは蓄積を再開し、1914年大正噴火直前の蓄積量に近づいていると考えられる。一方、桜島直下にある浅部マグマだまりは、深部マグマだまりからの供給と噴火によるマグマ物質の放出の収支により蓄積量を変化させる。桜島の複雑な活動推移は、このような深部と浅部の2つのマグマだまりからなる系に起因していることが明らかになりつつある。現在の桜島の噴火活動を、今後起こると予測される大規模噴火の準備過程であると捉え、多項目観測からそれを明らかにすることにより、多様な火山の噴火準備過程を説明する知見が得られる可能性が高い。今後も観測研究を進め、その背景にある物理・化学過程を解明してゆくことが極めて重要である。

## (2) 霧島山（新燃岳）

新燃岳（宮崎県・鹿児島県）では、2011年1月19日から小規模な噴火が始まり、26日午後には高い噴煙を連続的に上げる噴火（準プリニー式噴火）を始め、27日18時頃までに3回の準プリニー式噴火があった。その後、溶岩が火口に蓄積されはじめ、1月31日まで溶岩が火口をほぼ埋めるまで成長した。2月1日以降は間欠的に噴石を飛ばす爆発的噴火（ブルカノ式噴火）を繰り返したが、その後噴火の頻度は次第に低下した。新燃岳の本格的なマグマ噴火は1716～17年以來、約300年振りの現象であり、今回の噴火準備過程や噴火過程の解明は休止期間の長い噴火活動を予測する上で極めて重要である。

霧島山では基盤的火山観測網の整備などにより、噴火前に深度100～200mのボアホール型地震計と傾斜計を併設した4観測点のほか、広帯域地震、GPS、傾斜等の観測網を整備していたため、火山現象解明に有用な観測データが取得された。また、火口内の溶岩量の増加を、人工衛星や航空機のSAR画像などにより高精度に計測できた。これらの観測データはマグマだまりから山頂火口へのマグマ移動の定量的な推定に極めて有用であった。

今回の噴火に先行する現象として、霧島山周辺部の地震活動が2006年頃からやや活発化し始め、それにほぼ同期してGPSで観測される山体の僅かな膨張が始まったことが挙げられる。2008年8月22日には小規模な水蒸気爆発が発生したが、この活動の際に噴出した火山灰には、新たなマグマの関与が認められず、高温の火山ガスが地下深部から供給され、水蒸気爆発を引き起こしたと考えられる。2009年12月下旬からは山体膨張の速度が急増し、新燃岳北西7～8kmの地下約10kmにマグマの蓄積が顕著になった。この山体膨張は2011年1月の準プリニー式噴火の開始直前まで続き、マグマの蓄積速度はほぼ一定であった。2010年3月から7月の間に小規模な水蒸気爆発が6回発生した。5月下旬に放出された火山灰の中に、マグマ起源の火山ガスの泡を含む黒色のガラス質成分が僅かに確認され、極めて少量ではあるが新鮮なマグマ物質が混じり始めた可能性を示していた。

2011年1月19日に発生した小規模な噴火では、火山灰の中に含まれる新鮮なマグマ物質の割合が顕著に増加した。この約半日前から火山性の連続微動が発生し始め、連続微動の振幅は1月26日8時頃から少し大きくなった。14時49分に最初の準プリニー式噴火が始まると同時に振幅が一層大きくなり、大きな振幅の火山性微動が4時間程度継続した。準プリニー式噴火は、翌27日1時頃と15時頃にも発生した。噴火時の傾斜計記録から、準プリニー式噴火によりマグマだまりが急激に収縮し、噴火活動が弱まる時には収縮が停滞する様子が明瞭に捉えられた。これら3回の準プリニー式噴火で放出された軽石と火山灰の量は、もとのマグマの量に換算して約1,000万 $\text{m}^3$ と見積もられた。さらに、1月28日21時頃から31日18時頃にかけて、マグマだまりの収縮がゆっくり継続し、この間に山頂火口に溶岩が蓄積された。その蓄積量は2月1日の時点で約1,400万 $\text{m}^3$ と推定され、合計約2,400万 $\text{m}^3$ のマグマが噴出したと見積もられた。

2011年6月中旬まで、新燃岳では小規模なブルカノ式噴火が間欠的に発生した。これらの噴火前には山体浅部の膨張を示す傾斜変動が観測され、火山性地震の発生回数が増加した。噴火後は膨張した山体は元に戻り、地震数も減少した。この一連の活動は火口直下浅部でマグマが発泡し、

高圧の火山ガスが火口を覆う溶岩を噴き飛ばす現象であると推定される。一方、深さ約 10 km のマグマだまりでは、2009 年末以降蓄積していたマグマの体積が 1 月 26 日から 31 日の噴火により四分の一まで減少した。その後、噴火前とほぼ同じ速度でマグマの蓄積が観測されたが、2011 年 12 月頃から鈍化し、その後停止した。2011 年 6 月下旬からは、粒子の細かな火山灰が噴出されるようになり、マグマやその周辺の岩石が噴出前に細かく破碎されている可能性が高く、この頃にブルカノ式噴火からマグマ水蒸気爆発に移行したものと思われる。

この一連の噴火は、他の火山も含めて異常現象や小規模噴火がしばしば発生している火山において、大規模噴火に至るか否かを予測することや、火山防災・減災に役立てるために解決すべき課題を具体的に明らかにした。最初に挙げるべき点は、マグマ蓄積から噴火に至るまでの火山噴火準備過程についての理解が不足していたことである。GPS 観測により 2009 年 12 月から始まった深部のマグマ蓄積は認識されていたが、噴火に至るのか、噴火するとすれば霧島火山群の多数の火山のうちどれかについての知見が不足していた。マグマ供給系の解明を含め、噴火準備過程に関する研究を一層推進すべきである。次に挙げるべき点は、火山学的な情報の評価が不十分であったことである。2010 年 5 月から 7 月の噴火ではコックスステールジェットを伴っていたことから火口浅部に高温物質の関与が推定され、5 月の火山灰中にマグマの関与を示すガラスの存在が認められたことから、マグマ噴火に移行する可能性を事前に捉えていたと言える。これらの情報に基づき、新燃岳の噴火様式と推移の予測を目指して事前に噴火シナリオを作成し、上記の観測結果やマグマ蓄積から噴火予測の試みを行う必要があった。更に挙げるべき点は、大規模マグマ噴火の正確な予測ができなくても現象の進行を着実に把握できる調査観測体制を事前に整備しておくことである。また、それと並行して、地元自治体が火山情報を受け取る体制を整備することである。大浪池山頂の監視カメラの映像によって 1 月 26 日深夜から 27 日未明に発生した噴火の状況を把握できた。また、SAR 画像などによって火口を溶岩が埋めていく状態を把握できたことによって、準プリニー式噴火のステージがほぼ終了したという認識を早期に得ることができた。こうした判断・情報は自治体の防災に大きく貢献している。さらに、霧島山では火山砂防事業に関連して気象台や国の関係機関、自治体の防災関係者、火山専門家を交えた検討会が開かれていた。定常的に霧島山の火山活動に関する情報を受け取っていたことで、関係自治体は比較的冷静にマグマ噴火に対応できたと考えられる。平時からのこのような対応が、火山防災・減災に有効であることが明らかになった。

今後の活動推移については、噴火シナリオを作成し、現在進行している噴火活動の予測がどの程度可能であるかを、実時間で検証することを試みている。具体的には、準プリニー式噴火（爆発的噴火）が再度発生する、爆発的噴火を伴わずに溶岩流出が起こる、更に大きなマグマ水蒸気爆発が発生する、このまま活動が終息するなどが想定される。進行中の噴火活動に対して、発現の可能性のある噴火事象を整理した噴火シナリオを準備し、観測・監視に基づいてそれを検証することは、噴火の準備過程・噴火過程の理解の観点からも火山噴火予知研究の重要な課題と言える。

## V. 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の実施状況

### 1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

#### (1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

##### あ. 目的

地震現象と火山現象の予測精度を向上させるためには、日本列島域を対象としたモニタリングシステムに加え、大地震の発生が予想される特定の地域や火山噴火の可能性の高い地域における地震・火山現象モニタリングが重要である。そのため、高密度かつ多項目の諸観測を一層整備するとともに、既存の観測網の着実な維持・更新を行う必要がある。こうした地域では、活動の予測に有用な情報を数多く収集することが必要であり、より詳細かつ定量的な活動の把握と評価を行うことができるよう、モニタリングシステムの高度化を推し進める。地震発生の可能性が高い地域の中でも、東海・東南海地域は、その切迫性が極めて高く、社会的要請に応えるという観点からも大きな意味を持っている。

##### い. 実施状況

###### ア. 日本列島域

国土地理院は、GPS 連続観測網(GEONET)のデータ解析において、大気遅延勾配推定やアンテナの絶対位相特性に基づく新しい解析手法を用いて、系統的な誤差を大幅に低減し、地殻変動の検知能力を向上させた。GEONET 1秒データのリアルタイム解析の試験運用を行い、M7以上の地震時に緊急地震速報を用いて地震時地殻変動の迅速な検出と断層モデル推定を行う手法を開発した。地殻上下変動の精密監視のため、全国約20,000kmの水準路線において、10回目の全国改測を実施した。

防災科学技術研究所は、日本列島全域に展開された基盤的地震観測網の整備を継続した。気象庁は、関係機関より収集した観測データを用いて、震源決定を行うとともに、その精度の向上、地震活動異常の定量的な評価、CMT解と震源過程の推定の高精度化を図った。大学は、地震データ流通システム(JDXnet)上のデータ相互交換システムの改良及び多項目化について検討を進めた。具体的には、データのチャンネル情報管理システムの改良、地殻変動連続観測データなどの流通試験、公衆パケット通信網と連携した機動的な地殻変動観測システムの構築を行った。

気象庁は、火山噴火予知連絡会により中長期的に観測体制の充実が必要とされた47火山に対し、地震計・傾斜計等の観測施設の整備を行った。気象庁、大学、防災科学技術研究所は火山のモニタリングを促進するために、地震計・傾斜計・空振計等の観測データの共有化と流通を開始した。

各機関は、国内外で顕著な地震・火山活動が発生した際、陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)により取得されたデータを用いてSAR干渉解析を実施した。国土地理院は、有珠山(北海道)、吾妻山(山形県・福島県)、三宅島(東京都)、硫黄島(東京都)、九重山(大分県)、霧島山(新燃岳)等の活動的な火山地域についてSAR干渉解析を実施した。産業技術総合研究所は、噴火の危険がある火山について衛星に搭載された高性能光学センサー(ASTER)を用いた観測を実施した。

気象庁は、地震及び火山噴火予知研究に関する電磁気観測の基準となる高精度の地磁気データを提供した。

###### イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

大学と気象庁は、宮城県沖における海底と陸域の地震観測データについて、堆積層補正や観測点補正を実施し、併合処理を行った。大学は、長期観測型海底地震計による繰り返し観測のデータを用いて震源決定を行った。大学と産業技術総合研究所は、水位・水温、



ラドン・CO<sub>2</sub>濃度等の観測を行う深層地下水変動観測網による観測を継続した。

国土地理院は、樽前山（北海道）、有珠山、北海道駒ヶ岳（北海道）、伊豆大島（東京都）、富士山（山梨県・静岡県）、伊豆東部火山群（静岡県）、浅間山（群馬県・長野県）、霧島山において、GPS 火山変動リモート観測装置による連続観測を行った。また、有珠山周辺の約 130 km の路線において水準測量を実施した。さらに、航空機 SAR センサーにより、新燃岳などで火口の地形測量を実施した。国土地理院と気象庁は、伊豆大島において自動測距装置による観測を継続した。気象庁は、雌阿寒岳（北海道）、十勝岳（北海道）、吾妻山、草津白根山（群馬県・長野県）、三宅島、伊豆大島、阿蘇山（熊本県）において全磁力の連続及び繰り返し観測を実施し、火口地下の熱活動の経過を分析した。

防災科学技術研究所は、有珠山、岩手山、浅間山、阿蘇山、霧島山に、孔井式地震計、傾斜計、広帯域地震計、GPS 観測装置を備えた基盤的火山観測施設を整備し、観測を開始した。大学は、阿蘇山において高精度・高時間分解能の比抵抗連続観測システムを設置し観測を行った。

#### ウ. 東海・東南海・南海地域

気象庁は、東海地震の想定震源域及びその西方に新たに多成分ひずみ計を整備した。気象庁、国土地理院、防災科学技術研究所、大学は、体積ひずみ計、多成分ひずみ計、レーザ式伸縮計、傾斜計、GPS 等の総合的な観測を継続した。気象庁、国土地理院、大学、海上保安庁は、海底地震、海底地殻変動、海底地形、地磁気、絶対及び相対重力、精密制御震源を用いた構造探査等、多項目の調査及び観測を実施した。

産業技術総合研究所は、地下水と地殻変動の観測を継続するとともに、新たに地震観測を加えた総合観測施設を 14 点整備した。産業技術総合研究所と防災科学技術研究所は、データを共有して、短期的ゆっくり滑りを高精度にモニターするシステムを構築した。

気象庁は、関係機関から観測データの提供を受け、東海地域の地殻変動の監視体制を一層充実した。

### う. 成果

#### ア. 日本列島域

地震波干渉法を用いて、2000 年三宅島噴火や、2004 年新潟県中越地震、2008 年岩手・宮城内陸地震に伴う地震波速度の変化が検出された。

有珠山、吾妻山、三宅島、硫黄島、九重山（星生山）、霧島山（新燃岳）等の活動的な火山地域における SAR 干渉解析により火山性地殻変動が捉えられた。また、航空機 SAR により新燃岳火口内及び周辺の地形変化が捉えられた。衛星に搭載された ASTER データからは新燃岳などの噴火について詳細な映像が得られた。

#### イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

宮城県沖では、2005 年に発生した M7.2 の地震前後に発生した地震の発震機構解から応力場の推定を行い、震源域周辺の応力場の空間的变化が小さいことを明らかにした。また、2 年間の海底圧力連続観測データから、年周変化と経年的増圧変化を見いだした。この経年的変化は、GPS 観測に基づくプレート間固着モデルから計算される変化量とよく一致していることから、この地域でのプレート間固着のモニタリングが可能であることが示唆された。また、GPS 観測から推定された変位速度の空間勾配の短期的時間変化から、2005 年宮城県沖の地震や 2003 年十勝沖地震（M8.0）の余効滑りが捉えられた。また、長期的な時間変化からは、福島県沖から茨城県沖までの領域で 2008 年末頃からプレート間の固着が弱化したことが明らかになった。これは、小繰り返し地震の解析に基づく海溝軸周辺での滑りの加速にも対応している。

2011 年 1 月に噴火した新燃岳においては、火山周辺の多項目観測において活動に伴う地

殻変動や地震活動などが捉えられ、それに基づき噴火警報が発表された。

伊豆東部ではマグマ貫入量の時間変化に基づく地震活動の予測手法が開発された。2009年12月の群発地震活動では、それに先立つ地下水位の変化や地殻変動が観測され、地震活動の予測情報の発表が試行された。その後、この地域の地震活動の予測情報は気象庁から正式に発表されるようになり、これと連携して伊豆東部火山群の噴火警戒レベルが導入された。

#### ウ. 東海・東南海・南海地域

東海地域では、ひずみ解析で使用するGPS観測点を約30点増やして高分解能の解析を行った結果、ゆっくり滑り発生中と終了後でひずみの空間分布が明らかに異なることが判明した。GPS観測データから短期的ゆっくり滑りを検出する手法が開発され、2006年の1月と8月の2回の短期的ゆっくり滑りによる2～3mm程度のステップが検出された。これら2回の事例では、GPS観測データから推定された滑り域と低周波微動発生域とは必ずしも一致しなかった。

GPS観測データの解析により、豊後水道付近で2009年秋頃から2010年秋頃まで長期的ゆっくり滑りが捉えられ、その滑り域が1997年、及び2003～2004年に発生した長期的ゆっくり滑りの領域とほぼ同一であること、滑りの中心が西に移動すること、ゆっくり滑りの発生と豊後水道南東側の深部低周波微動の活動に関連があることが明らかになった。水準測量と潮位データの解析からは、豊後水道のゆっくり滑りが1980年代からほぼ一定間隔で繰り返し発生していたことが明らかになった。

東海地域における地殻変動の監視においては、ひずみ計の観測データを重ね合わせることでデータに含まれるノイズを軽減する手法を開発し、想定東海地震の前兆滑りの検知能力を向上させた。

駿河湾及び熊野灘における海底地殻変動観測から、2009年の駿河湾の地震発生に伴う地殻変動が計測された。

精密制御震源装置を用いたモニタリングでは、P波とS波の速度増加が発振点から30km以内で検出された。これは、圧縮応力の増加によると推測できる。また、10点の高感度地震観測点でプレート境界面からの反射波が観測され、その時間変化を捉えた。また、走時の変化と気圧・気温・降水量など気象要素との相関を調べ、走時の時間変化は降水量の影響によって説明可能であることが分かった。

ALOSによるSAR干渉解析とGPS観測データの解析を統合処理することにより、長波長ノイズが除去され、広範囲で微小な地殻変動の検出を可能にした。

#### エ. 今後の展望

現行計画では、観測網の高密度化及び多項目化に重点を置き、モニタリングシステムの高度化を進めてきた。

現行計画の推進のためには、現有の資源を最大限に活用して各機関の観測網のデータを交換・共有するとともに、関係機関の連携を更に進め、検知能力を高めることが必要である。さらに、観測の多項目化を一層推進し、詳細かつ定量的な地震及び火山活動の把握を目指すべきである。これにより、データベースや予測シミュレーション、地震及び火山噴火現象解明の研究に役立てるとともに、これらの研究のニーズを取り入れたモニタリングの高度化を図るべきである。

2011年3月の東北地方太平洋沖地震の発生を受け、あらゆる沈み込み帯における超巨大地震の発生の可能性について検討が必要になっており、千島海溝、日本海溝、南海トラフ等の沈み込み帯でも、今後同じような巨大地震の発生が危惧される。それを念頭に置いて、モニタリングシステムを強化することが急務である。例えば、東北地方太平洋沖地震では、海溝

付近でのプレートの滑り欠損の蓄積速度が正しく評価できていなかった。また本震の滑り量分布については、震源域直上での海域の観測点が不足していたことにより、使用するデータにより推定値が異なっている。このような状況を改善するため、現在不十分な海域での観測網を整備し、プレート境界での固着状態の把握や超巨大地震発生機構の解明に役立つモニタリングシステムを構築する必要がある。

2011年東北地方太平洋沖地震発生直後には、地震及び地殻変動観測点やデータ収集システムなどに大きな被害や障害が発生した。重要な観測データを取り逃がすことがないように、通信や解析システムの冗長化も含めた障害への耐性の向上を図り、迅速な復旧が可能な観測システムの構築が必要である。また、大地震や火山噴火発生後、速やかに地震や地殻変動などの臨時観測を実施するための体制の整備も重要である。

この地震発生後は顕著な余震や余効滑りのみならず、誘発地震の発生や火山周辺での地震活動の活発化も見られることから、現在、日本列島とその周辺で進行している現象を正確にモニタリングし、今後の活動の推移予測に役立てる必要がある。

今回の超巨大地震に伴う津波によって、多くの人命が失われたことの重大さを考えると、本研究計画で得られた成果から防災や減災に活用可能な技術を社会に還元する努力も重要である。例えば、GPS観測データのリアルタイム解析によって地震時地殻変動を早期に把握するための技術開発を早急に行い、地震規模の即時的推定や津波警報の高度化への応用を目指す必要がある。

## (2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

### (2-1) 地震発生予測システム

#### あ. 目的

地震発生に至る物理・化学過程の理解に基づいて、プレート境界の応力・ひずみ等の推移を予測するシミュレーションモデルを構築する。常時モニタリングシステムによって得られる観測データを予測シミュレーションモデルに取り込む手法を開発してデータ同化実験を行い、予測を試行する。同時に、これらのシミュレーションを継続的に高度化していくために、地震発生の物理・化学過程に関する基礎的なシミュレーション研究を推進する。統計モデルや物理モデルに基づいて地震活動を評価し、時空間的に高分解能な地震活動評価を行う手法を確立するために、地震活動予測手法の妥当性を評価・検証する枠組みを構築する。

#### い. 実施状況

##### ア. 地殻活動予測シミュレーションとデータ同化

大学は、地殻マントルの弾性-粘弾性構造、プレート境界面の三次元的形状、断層摩擦構成則の温度依存性等を考慮した地殻活動シミュレーションモデルを用いて、1968年十勝沖地震の準静的な応力蓄積から動的破壊及び波動伝播（でんぱ）までの解析を実施した。また、準静的な地震発生サイクルシミュレーションを高速化するため複数の近似計算手法の適用について検討した。さらに、不均質粘弾性媒質でのシミュレーションを行う目的で有限要素法ソフトウェアの改良を行った。

大学は、測地データの逆解析手法を東北日本及び西南日本のGPSデータに適用し、それぞれ北米プレートと太平洋プレート、ユーラシアプレートとフィリピン海プレートが接するプレート境界の固着状態を推定した。また、測地データから推定される滑り欠損の蓄積速度の分布と、固着域の分布について定量的な検討を行った。

大学は、地殻変動の時系列データから断層面の摩擦パラメータを推定するデータ同化手法を開発し、余効滑りやゆっくり滑りのデータに適用した。

海洋研究開発機構は、階層的なアスペリティモデルを仮定したシミュレーション研究を

実施するとともに、仮想的な東南海地震発生後、南海地震発生に至るまでの海底地殻変動の模擬データを作成し、データ同化の数値実験を実施した。

防災科学技術研究所では、GPS データから推定された滑り欠損の蓄積速度の分布を用いた地震の動的破壊伝播（でんぱ）のシミュレーション、及び紀伊半島や東海地域を対象としたゆっくり滑りのシミュレーションを実施した。

気象庁は、東海・東南海・南海地震の想定震源域のシミュレーションモデルを開発し、巨大地震と東海及び豊後水道で発生する長期的ゆっくり滑りの再現を試みた。

大学は、地震観測に基づく情報を予測シミュレーションに取り込むことを目的として、小繰り返し地震の抽出手法の開発及び日本列島の各地における準静的滑りの速度分布を推定した。また、地震の発震機構解から地殻内の間隙流体圧の三次元的分布を推定する手法を開発し、2009年のラクイラ地震（イタリア）に適用した。

#### イ. 地殻活動予測シミュレーションの高度化

大学は、地震発生予測シミュレーションの高度化のため、断層面の間隙流体圧が断層の動的破壊や地震発生サイクルに及ぼす影響に関する理論的考察、及び数値シミュレーションを実施した。

大学は、媒質の不均質性が地震発生サイクルに及ぼす影響や、陸側プレート内部における断層帯形成過程を理解するため、有限要素法のモデル構築やシミュレーション研究を実施した。

大学は、個別要素法によるモデル化を通して岩石のせん断変形時のアコースティックエミッション（AE）の統計的な性質や断層の摩擦構成則の物理機構を研究した。

産業技術総合研究所は、内陸地震発生予測のためのシミュレーションを試行した。

#### ウ. 地震活動評価に基づく地震発生予測

大学は、地震活動予測アルゴリズムの妥当性を評価し検証する目的で、CSEP（Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability）と国際連携を図り、地震の発生を統計的に予測する実験を実施した。また、各地域において一定のマグニチュード以上の地震発生数を予測するモデルや、地震発生時にそれが前震であるかどうかを確率的に評価する手法を開発した。

気象庁及び防災科学技術研究所は、地震活動に基づく地震発生予測モデルを構築・改良し、予測性能の検証を行った。

### う. 成果

#### ア. 地殻活動予測シミュレーションとデータ同化

南海トラフで推定された滑り欠損の蓄積速度の分布に基づいて地震の動的破壊伝播（でんぱ）シミュレーションを実施し、東南海地震や南海地震を再現するモデルを構築した。東南海地震や南海地震の連動性の再現結果は、シミュレーションに用いる摩擦パラメータの僅かな変化に強く依存することが分かった。

速度・状態依存摩擦構成則を用いた地震発生サイクルシミュレーションにより、三陸沖のプレート境界地震の繰り返しを再現するモデルを構築した。そのモデルを通して、プレート境界面の摩擦特性空間分布を推定した。南海トラフでは、地震発生サイクルシミュレーションにプレート境界面の三次元形状を導入し、非一様な摩擦特性を仮定することで、過去の地震活動履歴を再現できることが分かった。また、長期的ゆっくり滑りを含む南海トラフの地震発生サイクル全体の特徴を再現可能な数値モデルも構築された。一方、釜石沖では、同じ場所で規模の異なる地震が繰り返し発生している現象が指摘されていたが、アスペリティの階層性を導入することにより、そのモデル化に成功した。こうしたモデルを大規模化するためにはシミュレーション計算の高速化が必要である。そのため幾つかの

近似計算手法を検討した結果、半無限媒質モデルにも利用可能な計算手法を見出した。

日本列島の内部変形やアセノスフェアの粘性緩和を考慮した測地データの逆解析手法を開発し、東北日本及び西南日本のGPSデータに適用した。東北日本では、過去の大地震の震源域に対応する滑り欠損分布が推定された。南海トラフでは、東海から四国にかけて西側ほど滑り欠損量が大きくなることが分かり、宝永地震のような連動型の地震の震源域が従来の想定より西側へ延びる可能性が示された。

摩擦パラメータの推定は、予測シミュレーションの精度を左右する重要な要素である。地殻変動の時系列データから摩擦パラメータを推定するデータ同化手法を開発し、余効変動を想定した数値実験に適用した。また、この手法を用いて2003年十勝沖地震の余効変動データから摩擦パラメータを推定した。

地震活動データからプレート境界の準静的滑りや応力変化をシミュレーションに取り込むことも重要な課題である。小繰り返し地震は、プレート境界における準静的滑りの定量的指標であるが、これを利用して、日向灘から八重山諸島沖の沈み込み帯においてプレート境界面の滑り速度を推定し、この地域のプレート間固着が弱いことが分かった。

間隙流体圧の推定もデータ同化の重要な対象である。新たに開発された逆解析手法により、2009年ラクイラ地震の震源域周辺における間隙流体圧分布を推定した。その結果、この地震は流体の存在によって誘発された可能性が示された。

#### イ. 地殻活動予測シミュレーションの高度化

現在の地殻活動予測シミュレーションでは、震源域における物理過程の一部しか考慮していない。実際には、それ以外の要素が地震の動的破壊過程や発生サイクルに大きな影響を与える可能性もあるため、これらのモデル化を含むシミュレーションの高度化に向けた研究を実施してきた。

断層の多様な滑り様式は、摩擦熱による断層帯内の流体圧の変化、流体や熱の拡散、滑りに伴う断層帯の空隙の変化を考慮することにより理解できることが明らかになった。地震時及び地震間の間隙流体圧変化は、地震時滑り過程だけではなく、地震発生間隔などサイクル全体にも影響を及ぼす可能性がシミュレーションにより示された。

熱構造の三次元不均質性を考慮した有限要素法のシミュレーションにより、奥羽脊梁山脈と変形集中帯の形成を再現することに成功した。また、日本列島規模で三次元粘弾性構造を有限要素法によりモデル化し、観測されているひずみ集中帯を説明できることを示した。

個別要素法による断層ガウジのせん断変形のシミュレーションにより、断層帯内の微視的変形過程や摩擦の滑り速度依存性について検討した。

#### ウ. 地震活動評価に基づく地震発生予測

海域を含む日本全体、日本列島の全陸域浅部、関東地方という三つの領域を設定して、CSEPの地震発生予測実験が行われた。3か月予測実験においては、全陸域浅部の場合には、提案されたモデルの3割についてCSEPの評価基準を満したのに対して、関東地方の場合には全てのモデルが評価基準を満たさなかった。1年予測実験においては、31のモデルが検証されたが、全陸域浅部や関東地方を対象とするモデルに比べ、日本全体を対象とするモデルで評価基準を満たすものが非常に少ないことが分かった。

#### え. 今後の展望

これまでの研究により、準静的過程から地震波動生成過程も含めた地震発生サイクル全体の計算が可能になり、大地震の発生に関わる最も本質的な一連の過程を計算機内で再現できるようになった。このようなモデルを用いて過去の地震発生などを再現する研究を行うことにより、地震発生サイクルやプレート境界の摩擦や破壊特性の理解が深まることが期待でき

る。2011年東北地方太平洋沖地震を説明するモデルが複数提案され、この地震の発生過程についての議論が活発に行われた。また、断層帯の変形や間隙流体圧の変化に着目して、地震の発生機構を解明するモデルも提案された。このように、地震発生予測を目指して開発されたモデルは、地震発生やプレート境界の滑り過程の理解を進めるために非常に有効であり、観測結果をモデルから理解する研究のために、今後ますます開発を進める必要がある。

しかしながら、現象の理解に役立つモデルが直ちに地震発生予測に結び付くわけではない。観測事実を再現するモデルを構築できたとしても、有限の観測結果を説明できるモデルは多数存在する。つまり、1つの物理モデルに対しても観測を説明可能なパラメータの組合せは多数存在すると考えられるし、説明が可能な物理モデルも多数存在するであろう。これは、2011年東北地方太平洋沖地震の説明を試みる複数の異なるモデルが提案されていることから明らかである。このような状況を考えると、物理モデルに基づく地震発生予測への道程は遠いことは認めなければならない。

当面研究を推進すべき方向は、それぞれの物理モデルについて、観測結果を説明するパラメータをできる限り狭い領域に絞り込むことである。現行計画では、幾つかのデータ同化手法を用いて、摩擦パラメータを推定することに関して一定の成果を収めている。しかしながら、これはモデルを極度に単純化し、ごく少数のパラメータ推定を行ったものであり、現実的なモデルへの適用可能性については不明な点が多い。地震という現象は摩擦や破壊という非線形性が強い物理現象を含むことに加えて、断層セグメント間の相互作用のように自由度が大きいことに起因する非線形性もあるために、モデルが現実的なものになるにつれてパラメータ推定が極めて困難になることは容易に予想される。さらに、断層滑りの素過程については非常に多くのモデルが提案されているが、これらのうち本質的に重要なものを選択し、大規模な予測モデルに組み込んでいくことも大きな課題である。今後、モデルやデータ同化手法の開発を進めるとともに、様々な観測データとモデルを比較することにより、より説得力のあるモデルを選び取っていくことは重要である。また、地震発生の物理過程の適切なモデル化は、物理モデルに基づく予測に本質的に重要なことは論をまたないであろう。このような当面の課題の先に地震発生予測があるが、そこに至るまでの道筋は現時点では明確に描けていない。

一方、物理モデルに基づく予測とは別に、地震の統計的な性質に基づく発生予測は、現状でも一定の予測性能を持っており、そうした各種予測手法の検討も重要な課題である。今後、予測実験の項目を拡充し、国際共同研究で地域ごとの比較などを行っていくことにより、一層の研究の進展が見込まれる。

## (2-2) 火山噴火予測システム

### あ. 目的

わが国の主要な活火山について、噴火シナリオ（予想される火山活動の推移を網羅した噴火事象系統樹）を作成する。そのため、地震・火山現象に関するデータベースを活用するとともに、地質調査・解析によって明らかにされた噴火履歴を参照する。また、過去の噴火時の観測データの再検証や研究成果を取り入れて噴火シナリオを高度化する。活動的な火山について、観測データと噴火シナリオに基づき、火山活動の現状を評価し推移予測を試行する。

### い. 実施状況

#### ア. 噴火シナリオの作成

大学などは、三宅島の過去の噴火の履歴と観測データから明らかになった噴火事象を抽出し、発生確率を推定して噴火シナリオ（噴火事象系統樹）を作成した。また、桜島の噴火シナリオの作成を開始した。桜島は、日常的に小規模噴火が発生する中で、低頻度の大規模噴火に至る可能性があり、過去の事例の少ない大規模噴火をシナリオにどのように取

り入れるかを検討した。また、2011年1月26日から本格的なマグマ噴火を開始した新燃岳では、噴火推移を予測するために、過去の新燃岳の地質学的研究や、国内外の類似火山の噴火様式を参考にして、噴火の開始直後に噴火シナリオを作成した。さらに、実際の噴火の推移に合わせて継続的に変更を重ね、速やかな噴火推移予測を試みている。

#### イ. 噴火シナリオに基づく噴火予測

大学などは、現行計画で作成した三宅島噴火シナリオについて、過去や現在の観測データから、事象分岐の数値的根拠や、カルデラ形成などの低頻度事象の予測確率の妥当性を検討した。

防災科学技術研究所は、異常変動を自動で検出し、リアルタイムで変動源モデルを自動推定するシステムを構築し、富士山、伊豆大島、三宅島、伊豆東部火山群に適用した。さらに、過去の観測データを用いてシステムの信頼性を検証した。また、平成21年度に火山観測施設が整備された有珠山、岩手山、浅間山、阿蘇山、霧島山について同システムを導入し、他機関のデータも併せた処理を試験的に開始した。

気象庁は、火山噴火予知連絡会を開催し、全国の火山活動の状況についての検討を行った。検討結果は、「全国の火山活動の評価」として取りまとめ、報道機関や気象庁ホームページを通じて公表した。

### う. 成果

#### ア. 噴火シナリオの作成

三宅島の噴火シナリオと過去の噴火事例との対比により、一つの噴火事象から次の事象が発生するまでの時間や各現象の継続時間の範囲を推定した。また、桜島の低頻度大規模噴火に至るシナリオについて、過去100年間に及ぶ観測研究から、検出し得る先行現象の整理を行うとともに、極大規模噴火と大規模噴火の事象分岐の経験式を導出した。これらにより、桜島の噴火シナリオの基本的枠組みを作成した。また、気象庁は、関係自治体及び防災機関と協力・協議して噴火警戒レベルを導入する際に、噴火シナリオを活用した。

#### イ. 噴火シナリオに基づく噴火予測

霧島山（新燃岳）では、進行中の噴火に対して噴火シナリオを急きよ作成し、監視・観測データに基づき、噴火シナリオの作成の手法や考え方に、段階的に改訂を加えることができたことは大きな成果である。はじめに、新燃岳の過去の噴火の地質学的研究に基づいて噴火シナリオの第1版を作成し、地質学的には読み取られていなかった進行中の噴火現象に対応して変更を加えた。次に、今回の新燃岳の噴火と同様に、火口に溶岩が蓄積してブルカノ式噴火を繰り返した類似の活動（浅間山の1973年や2004年噴火、コロンビア・ガレラス火山の1991年以降の噴火、及び北マリアナ諸島・アナタハン火山の噴火）との共通点を抽出して第2版を作成した。これらの作成を通して、噴火の推移予測のために必要とされる噴火シナリオの高度化の方向性が明らかになった。

防災科学技術研究所は、変動の異常を自動検出し変動源モデルを自動推定するシステムにより、2010年6月頃及び12月頃に始まった伊豆大島のマグマだまりの膨張と収縮によると推定される地殻変動を検出し、モデル化に成功した。また、霧島山（新燃岳）の噴火活動においては、傾斜計の地震動によるステップ変動やノイズ除去のためのデータ処理法を改善し、異常変動検知システムの高度化を図った。

#### え. 今後の展望

これまでの火山噴火予知計画では、火山噴火の時期と場所の予測については、ある程度見通しが立ったとしていたが、より困難な噴火の規模、様式、推移の予測に向けての取組が十分とは言えなかった。現行計画では、地震発生と火山噴火の予測システムの開発をより明瞭に志向しており、火山噴火予測システムとして、噴火シナリオの作成と高度化に取り組み始

めた。しかし、地質学的な情報は規模の大きな火山噴火に限られ、噴火の歴史的記載にも曖昧さがある。また、火山噴火の発生頻度が低いため、近代的な観測データは少なく、質・量共に情報が不足している。このようなことから、噴火シナリオの作成と高度化はそれほど容易ではない。

一方で、噴火シナリオを作成することにより、噴火事象の分岐機構を解明する際の課題や問題点が明瞭になり、噴火準備過程研究や噴火過程研究などの噴火現象解明研究の新たな目標を提示する。また、噴火現象解明研究による多様な噴火現象の理解が噴火シナリオの高度化につながる。このように噴火現象解明研究と噴火シナリオの高度化は密接に関連しており、一体化して研究を推進する必要がある。噴火事象分岐の機構が一層明らかになれば、経験に基づく予測から観測とモデルに基づく予測に近づき、定量的な火山噴火予測への道筋を付けるものと期待できる。このため、より多くの火山について噴火シナリオを作成し、現実起こった噴火事象の分岐に関する体系的な情報を収集することが重要である。また、噴火シナリオは、現在の火山学の知識を火山防災に効率的に役立てるものであり、この観点からも噴火シナリオの作成と高度化は推進されるべきである。

### (3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築

#### あ. 目的

関係機関が長期にわたり蓄積してきたデータや観測研究で新たに得られたデータを集積することにより、地震現象・火山現象の予測に必要な基礎データベースを構築し、データの流通により研究の進展を図る。さらに、基礎データと研究成果を統合して、体系的な地震・火山現象に関する統合データベースを構築する。

#### い. 実施状況及び成果

##### ア. 地震・火山現象の基礎データベース

防災科学技術研究所は、高感度地震観測網、広帯域地震観測網、強震観測網による地震波形データを統合し、日本周辺で発生した地震についての統合地震波形データベースの構築を行っている。気象庁は、全国の地震カタログを作成するとともに過去の地震のデータベースの改良を進めている。国土地理院は、GPS 観測データや潮位観測データの整備・更新を行っている。大学は、古い地震記録を電子化し、データベースの構築を進めている。大学などは、ひずみ計や傾斜計などで得られた地殻変動連続観測のデータベース構築・データ流通を進めている。

海上保安庁は、海域火山基礎情報図の整備を行い、また海域火山データベースの更新を行っている。気象庁は、全国の活火山の過去の活動について資料の再調査を行い、活火山データベースを構築している。国土地理院は、火山基本図や火山土地条件図の整備を行っている。気象庁は、地磁気永年変化データベースを構築している。

##### イ. 地震・火山現象に関する情報の統合化

大学は、日本列島各地域の地殻構造に関する研究成果の数値化を行い、日本列島地殻構造データベースのプロトタイプの構築を進めている。また、地殻構造や地殻活動に関する情報を集積し、統一フォーマットでのデータベース化と可視化を試みている。

防災科学技術研究所は、地震波速度構造、減衰構造、地殻熱流量、地質構造等の統合データベースの構築を進めている。

産業技術総合研究所は、地殻応力場、活断層、地下水、活火山、火山衛星画像等のデータベースを統合し、地震や火山活動に関する地質情報データベースの構築を進めている。

国土地理院は、水準測量、GPS、潮位等の地殻変動データによる地殻活動総合解析システムを運用している。また、都市圏活断層図を整備し公表している。



## う. 今後の展望

地震発生予測システム・火山噴火予測システムを構築するためには、その基礎となるデータは必須である。これらに関する基礎データの蓄積及びデータベース化は着実に推進されてきた。特に、モニタリングシステムで得られている地震や地殻変動のデータは、過去に得られているデータと併せてデータベース化され、多くの研究に利用されている。しかし、個々のデータベースを有機的に統合し、地震・火山噴火の予測システムの構築に資するデータベースの統合という目標を考えると達成度は十分とは言えない。これは、各機関で統合データベース構築が進められたが、地震発生・火山噴火予測システム構築に資するという考え方が必ずしも十分に浸透していなかったことが原因であると考えられる。また、統合データベースは、地震発生や火山噴火の現象解明のための研究の高度化への波及効果も大いに期待されるが、そのような視点で統合データベースが構想されてこなかった。

現行計画で構築されるデータベースは、予測システムの構築や、地震・火山現象の解明に必要であり、現行計画推進のために極めて重要な位置を占めるので、今後も研究を推進する必要がある。データベースの利用者である予測システムの研究者だけでなく、データベースの素材を提供する研究者とも十分な連携を取りながらデータベースを構築する必要がある。この時、予測システムの研究者からは必要なデータベースは何かというニーズを、地震・火山現象解明を行う研究者からはそれぞれの研究成果を、積極的にデータベースに還元するなどして、データベースの研究者だけに負担を負わせるのではなく、現行計画に関わる研究者が皆で、統合データベースの構築に貢献する体制を整えることが望ましい。

特に現行計画の期間中に、2011年東北地方太平洋沖地震や2011年霧島山（新燃岳）の噴火が発生し、発生間隔が長い現象のデータベースが不足していることが明らかになった。今後は、地震発生や火山噴火の履歴に関する地質学的情報の充実にも力を入れる必要がある。

計画全体で統合データベースをどのように構築するかを再度検討するとともに、現象解明研究を含め現行計画の各課題で得られたデータ、研究成果等を容易に閲覧、利用できるようなデータベースの構築も検討すべきである。また、現行計画におけるデータベースの重要性を考えると、各研究機関が協力して推進するとともに、大学においては共同利用・共同研究拠点の機能を活用する方策も念頭に入れて検討する必要がある。

## 2. 地震・火山現象解明のための観測研究計画の推進

### (1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

#### あ. 目的

長期的あるいは広域の地震・火山現象を解明するために、日本列島及びその周辺域で、長期的なプレート運動とそれに伴う応力場を明らかにし、上部マントルにおける水の供給・輸送過程とマグマの生成・上昇機構を明らかにする研究と、地震活動と火山活動の相互作用に関する研究を推進する。また、地震現象の予測精度向上に不可欠な地震発生サイクルに関する理解を深めるために、アスペリティやセグメントの破壊様式についての過去の活動履歴を明らかにするとともに、長期的な内陸の地殻ひずみの時空間分布を解明する。

#### い. 実施状況

##### ア. 列島及び周辺域のプレート運動、広域応力場

日本列島及びその周辺域のプレート運動を理解するために、大学は、モンゴルやロシアでGPS観測を実施し、国土地理院はVLBI（超長基線電波干渉計）国際・国内観測及びアジア・太平洋地域でのGPS連続観測を、海上保安庁海洋情報部はSLR（衛星レーザー測距）国際共同観測を実施した。また、大学はプレート内部の広域応力場を推定するために、地

震の発震機構解の詳細な解析を実施した。

#### イ. 上部マントルとマグマの発生場

大学はスラブから地表に至る流体の移動経路の解明とマグマ生成・上昇モデルの高度化を行うために、地震波速度構造や減衰構造、異方性構造の推定を行った。さらに、大学は沈み込み帯の温度構造、流動・変形、物質循環に関する統合モデルを構築するために、地殻変動とテクトニクスとの関連の推定、火成岩と熱水の調査、高温高圧実験等を行った。

海洋研究開発機構は島弧地殻の進化と大陸地殻の形成過程に関する知見を得るために、形成年代の異なる沈み込み帯において、地殻物質・マグマの岩石学的・地球化学的特性の解釈と地震探査データに基づく島弧-背弧システム全体の三次元地下構造の推定を行った。

#### ウ. 広域の地殻構造と地殻流体の分布

大学は、日本列島下の地殻について、地震波形を用いた解析により、モホ面などの地震波速度不連続面の形状や上部・下部地殻の三次元地震波速度構造に加え、短波長不均質構造の詳細な空間分布を高精度で推定した。さらに、大学は地殻流体の分布に敏感と考えられる比抵抗の分布の推定を北海道、秋田県、蔵王山周辺、長町利府断層近傍、跡津川断層域、和歌山地域、鳥取県中西部～島根県東部、九州等の様々な地域で行った。

防災科学技術研究所は、構造的特徴と地震の起き方の関係の理解のため、地震波速度・減衰の詳細な構造と温度構造の推定を行った。

#### エ. 地震活動と火山活動の相互作用

大学は、マグマ移動に伴う火山性地震や群発地震の活動度の高いフィリピン海プレート北縁の伊豆大島、伊豆東部、富士山等の地域の構造を、地震・電磁気・重力探査から推定した。さらに、大学は別府-島原、日向灘、南九州における地震と火山の相互作用を解明するために、地震・電磁気探査と地殻変動観測を行った。

防災科学技術研究所は、発生が懸念される東海・東南海・南海地震と連動した富士山の噴火可能性の定量的評価を行った。

#### オ. 地震発生サイクルと長期地殻ひずみ

大学は、千島海溝沈み込み帯で発生するプレート境界巨大地震の発生過程を調べ、また津波による砂の浸食・運搬・堆積をモデルに取り込んだ津波数値計算手法の開発を行った。産業技術総合研究所及び大学は、過去の連動型巨大地震についての津波堆積物の調査を行った。

大学は、会津盆地西縁の活断層帯において高精度浅層反射法地震探査を行うとともに、島弧の長期的な変形過程の検討を行った。さらに、大学は詳細な数値標高モデルなども用いて活断層によると考えられる地形を同定し、詳細な調査に基づく活断層の活動度の推定を行うとともに、将来発生する大地震のモーメントマグニチュードの推定を試みた。

### う. 成果

#### ア. 列島及び周辺域のプレート運動、広域応力場

VLBI と GPS 観測データを統合処理して広域の変位速度場を算出した結果でも、またロシア沿海州における GPS 観測に基づく解析結果でも、アムールプレートの運動は当初予想よりもかなり小さいことが示唆された。一方、サハリンや北海道北部と沿海州の間には明瞭な収束運動が見られており、これを説明するためにはアムールプレートの運動以外の要因を考える必要がある。

#### イ. 上部マントルとマグマの発生場

日本列島の三次元地震波速度構造を推定した結果、西南日本下のフィリピン海スラブは深さ 300~400 km まで沈み込んでいることが明瞭にイメージングされた。また東北地方のマントル上昇流は日本海下の深部でも存在することが分かった。さらに、北海道や九州に

においてもこのような背弧側深部から火山フロント直下へのマグマの供給を示唆する電気比抵抗構造が得られた。

第四紀火山岩の岩石学的・地球化学的データに関する調査・データ解析を行った結果、5つの島弧（千島，東北，中部，伊豆-小笠原，琉球）によってスラブ由来流体の量と組成が異なることが分かった。この原因は，それぞれの弧におけるスラブの沈み込み角度・速度とスラブの年齢などの違いに起因すると考えられる。

沈み込みの屈曲を示すアウターライズに生じる断層は海洋プレート内のマントルにまで達している，しかもこの領域でモホ面が不明瞭となっていることが分かった。このことは海洋プレートがアウターライズにおいて加水され，かんらん岩が蛇紋岩へと変化していることを示しており，マントルウェッジへの水の供給に堆積物と海洋地殻のみならず海洋マントル内の蛇紋岩も関与している可能性を示唆する。

#### ウ. 広域の地殻構造と地殻流体の分布

関東と北海道で温度検層データから推定された地殻熱流量は，関東においてはフィリピン海プレートの沈み込みと，北海道においてはスラブ直上に地殻物質が厚く分布している領域とよく対応していることが分かった。地震発生層の下限の深さを詳細に求めたところ，上記の北海道や関東の低地殻熱流量域でこの下限が深くなっており，地震活動は，これらの特異な構造による温度分布に強く関連していることが明らかになった。

一方，地殻内大地震の発生域における三次元地震波速度構造を詳細に検討したところ，本震の震源域の下に明瞭な地震波低速度・高ポアソン比の領域が存在するという共通の特徴が見られることが明らかになった。このことは，流体の存在によって局所的に変形しやすくなることによって，その上部に応力が集中して大地震が発生することを示唆している。また，2011年東北地方太平洋沖地震の後，内陸の応力場の主軸方向が回転したことが判明した。このことは内陸の地震発生域の強度がかなり小さいことを意味しており，その原因としては地震発生域で間隙水圧が高くなっているためと考えられる。

このように地下に流体があれば，電気比抵抗が低くなることが期待される。秋田県南部では，上部地殻の地下10 km前後で低比抵抗，下部地殻が高比抵抗，最上部マントルが低比抵抗となっていることが分かった。地震活動はこの上部地殻中部の低比抵抗領域の上または下で生じ，低比抵抗領域の中心では地震は発生していない。同様の特徴は和歌山地域や鳥取県や島根県東部でも見られた。

長野県西部地域において，地震を引き起こす応力場と地震波速度の空間分布を高分解能で推定して比較検討した結果，低速度域の中央部で水が豊富に存在していると考えられ，応力場の不均質性をうまく説明できることが分かった。

さらに，東海地域で実施した高密度地震アレイ観測のデータ解析の結果，フィリピン海プレートの沈み込みに伴う長期的ゆっくり滑りによるモーメント解放量の最も大きな領域は，海洋性地殻内における流体の存在を示唆する顕著な低速度・高ポアソン比域となっていることが分かった。長期的ゆっくり滑り域と低周波地震・微動域は，どちらもプレート境界面上に位置するものの，上盤が前者は地殻，後者は蛇紋岩化したマントルウェッジとなっていて構成岩石種が大きく異なることが明らかとなった。

#### エ. 地震活動と火山活動の相互作用

伊豆半島東方沖では，マグマの貫入した先端で群発地震が発生しており，地震を引き起こす地殻内のひずみの大きさを規定するマグマの貫入量と群発地震の活動度が，多くの場合，比例することが明らかにされてきた。このような地震・火山噴火予知研究で得た成果に基づき，地震調査研究推進本部で「伊豆東部の地震活動の予測手法（平成22年9月9日）」が取りまとめられた。伊豆大島及び周辺海域で実施された構造探査実験により得られた地

震波速度構造と地震活動とを対比させて詳細に検討した結果、マグマ貫入とそれに伴う地震活動が地下構造によって規定されている可能性が高いこと、また下部地殻と考えられる層が、火山体である伊豆大島直下で浅く盛り上がっていることが明らかになった。

九州地域で高密度アレイ観測を実施し、三次元速度構造を推定した結果、深発地震面が折れ曲がる深さ 90 km 以深では、海洋地殻がもはや低速度でなく、海洋地殻に含まれていた水はこの深さまでにはほぼ脱水してしまうことが示唆された。また、始良カルデラ周辺で臨時地震観測を行い、構造探査で得られたデータも加えて三次元地震波速度構造の解析を行った結果、深さ 8 km 断面の始良カルデラ中心部においてマグマだまりと考えられる低速度域が見付かった。さらに、桜島を含む南九州地域の ALOS/PALSAR 画像から SAR 干渉解析を行ったところ、桜島北部でカルデラ地下のマグマだまりにおける増圧に起因すると考えられる地盤隆起が検出された。

#### オ. 地震発生サイクルと長期地殻ひずみ

反射法地震探査から得られる地下の地質構造を基に、東北日本弧の背弧域における地殻変形過程を検討した結果、当該地域には中新世の日本海拡大時に非対称リフトが形成され、その構造が鮮新世から現在に至るこの地域の変形様式を強く支配していることが分かった。

「糸魚川―静岡構造線断層帯における重点的な調査観測」において、平均変位速度・地震時変位量の推定から将来の大地震の規模を見積もった結果、気象庁マグニチュード換算で 8.2 ～ 8.3 という値が得られた。2008 年岩手・宮城内陸地震は事前に活断層の存在が指摘されていない場所で発生したが、地震前後のデータを詳細に検討した結果、北北東―南南西走向の長さ 15 km 程度の推定活断層が存在することが明らかになった。

1958 年択捉沖地震について津波波形解析を行った結果、スラブ内地震モデルから計算された津波波形が観測波形をより良く説明することが分かり、この地震の規模は Mw8.1 と推定された。1963 年ウルップ島沖巨大地震 (Mw8.5) の最大余震 (Mw7.2) の津波波形を解析したところ、この地震は海溝近くの長さ 300 km にわたりプレート境界域を破壊し、地震波から推定された規模よりはるかに大きい Mw8.0 という値が得られた。このことから、この最大余震は津波地震であったと考えられる。

津波堆積物分布から巨大津波を発生させた地震の震源過程を評価するために、津波遡上高のみならず、その津波による砂移動までもモデル化して津波堆積物分布を計算し、実際のデータと比較したところ、津波堆積物分布データからある程度滑り量を推定できることが示された。

千島海溝沿いの臨海低地において野外調査を行い、津波堆積物層序を検討した結果、過去 3000 年間に、浦幌で 8 回、根室で 7 回、色丹島で 6 回の津波があったことが分かった。

茨城県日立市において採取した柱状試料から、869 年貞観津波より後に堆積した津波堆積物を少なくとも二層検出した。これらのデータから貞観津波のような大きな津波が 450 ～ 800 年間隔で発生していたと考えられる。また、これまでの津波堆積物調査で解明された貞観津波の浸水域に基づいて断層モデルの改良を行い、貞観地震は宮城県沖から福島県沖にかけてのプレート境界で少なくとも長さ 200 km、幅 100 km の断層が滑った Mw8.4 以上の地震であることが分かった。

2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う津波によって運ばれた堆積物は仙台平野や石巻平野において海岸線からおよそ 3 ～ 4 km まで達し、更に津波の浸水域はそこから 1 ～ 2 km 内陸まで達していた。海岸線の移動も考慮しながら貞観地震における津波堆積物の分布と比べると、両者の津波はほぼ同程度の規模であったことが明らかになった。

三重県志摩市で得られたコア試料についてより詳細な年代の分析を行い、過去 4500 年間に 9 層の津波堆積物を検出した。特に上位 3 層は 1498 年、1196 年、684 年の歴史地震にそ

それぞれ対応する可能性が指摘された。和歌山県串本町では津波石と隆起海岸の調査を行い、1707年宝永地震と12～14世紀頃の年代を示す津波と隆起の痕跡が見付けられた。

## え. 今後の展望

2011年東北地方太平洋沖地震では、東西約200 km、南北約500 kmに及ぶ巨大な断層が滑り、特に海溝付近では約50 mの大きな滑りがあったことが明らかになった。この地震の発生により、数百年～千年という長い時間をかけてプレート境界にひずみを蓄積する過程があり、我々はこのような極めて長い地震発生のサイクルについて、ほとんど知見を持っていなかった。長期の地震サイクルの解明には、地球物理学の知見だけでなく、地質学的情報も取り入れた研究を推進すべきである。また、この地震による津波は、波長の長いものと波長が短く波高が極めて高い二種類の津波が重畳し、被害を甚大にしたことが明らかになっている。このうち、短波長高波高の成分は海溝近くの大きな滑りにより発生した。これまで、地震動に比べ大きな津波を発生する津波地震は高角の分岐断層の滑りであるとされていたが、今回の解析結果を参考にしてこれまでの津波地震を再評価する必要がある。これまでの津波堆積物の調査などにより、過去の超巨大地震の地震像が次第に明らかになってきた。今後、北海道太平洋沖の超巨大地震の実像や、西南日本の超巨大地震の可能性について、地質学と地球物理学が連携して研究を推進する必要がある。

大規模な地震を引き起こす列島及び周辺域のプレート運動などの広域の力学場の理解は、長期にわたり継続して研究を推進する必要がある。現行計画により、アムールプレートのユーラシアプレートに対する相対運動速度がそれほど大きくないことが示された。この問題は、日本の内陸の地震活動のモデル化においても重要であり、東北日本弧と千島弧の帰属先がどのプレートなのかという問題も併せて、日本列島周辺のプレートモデルを明らかにしていく必要がある。

内陸地震や火山噴火の発生機構の理解に必要な海洋プレートからマントルウェッジへの水の供給とマグマ発生場については、スラブ直上の地震波低速度域・低比抵抗領域の分布から解明されつつある。今後、この低速度・低比抵抗領域を定量的に説明するモデルの構築が重要であり、そのためには、海洋性プレートの加水・脱水過程について理解を深める必要がある。一方、マグマの発生起源が日本海の深部にまで及んでいる可能性があり、大陸内の火山も沈み込むプレートにその原因があるとする説が有力になりつつある。今後、観測から得られる地震波速度や比抵抗の三次元構造と、実験から得られる岩石の脱水条件、地表で見られる岩石の組成や数値シミュレーションから得られる温度とマントル物質の流れの分布を、相互に比較検討することにより、沈み込み帯におけるマグマの発生の全体像を明らかにしていく必要がある。

地震波及び比抵抗構造の推定が行われ、広域の地殻構造と地殻流体の分布の詳細が明らかになった。内陸地震は、地震波低速度・低比抵抗領域を避け、その近傍の高速度・高比抵抗領域内で発生しているという共通の特徴が見いだされた。また、大地震の震源の直下に局所的に低速度・低比抵抗領域が存在するという報告も増えている。さらに、地殻熱流量の分布と地震発生域の下限の深さに良い相関があり、地震の発生は温度に強く依存していることがより明瞭となった。これらは、水や高温の影響で塑性変形している場所の周囲の脆性（ぜいせい）的領域で応力集中を起こして地震発生に至る、という当初考えていたモデルの妥当性を示すものである。今後は、散乱や異方性といった別の情報も利用して流体の分布と形態について明確にしていく必要がある。

また、流体が地震発生に与える影響の整理も必要である。一般に、間隙水圧が増加すれば、有効法線応力が減少することにより摩擦抵抗が下がって地震活動が活発化すると考えられるが、有効法線応力が極端に減少すれば、条件付き安定滑り領域になり地震を起こしにくく

なる。また、水の存在は塑性変形を加速し、地震を起こしにくくする。今後、流体と地震発生との関係を明確にするためには、低速度・低比抵抗領域と地震活動域との相対位置関係についてより高精度に推定する必要がある。

地震活動と火山活動の相互作用については、テクトニックな応力とマグマ貫入の両方の影響で火山周辺の起震応力場が作られ、地震の起こしやすさや地震活動の特徴は構造に規定されることが、定性的に明らかになった。これを利用して、群発活動に基づく火山活動予測が実用の域に達してきたことは極めて重要な成果である。今後は、マグマ移動と地震発生の定性的な理解から定量的な理解への発展が不可欠である。また、火山浅部のマグマ近傍の地震活動は、高温・低圧の条件下で生じている。フィリピン海プレートの低周波微動が生じている領域は、通常の地震を起こしにくいくらい温度も高く、また高間隙水圧となって有効法線応力が低くなっていると推定されている。つまり、火山で生じる群発的な活動や浅部の微動活動の理解が、プレート境界深部の低周波微動の理解に役立ち、その逆もあり得ることになる。今後、そのような観点から、両方の研究の交流を進めることも重要であると考えられる。

## (2) 地震・火山噴火に至る準備過程

### (2-1) 地震準備過程

#### あ. 目的

地震発生の準備過程を解明するために、応力が特定の領域に集中し地震発生に至る過程を明らかにする観測研究を実施する。プレート境界地震に関しては、アスペリティ分布や、アスペリティ域に固有な構造的特徴の研究を進めることにより、アスペリティモデルの高度化を図る。さらに、非地震性滑りの時空間変化を高精度に把握するとともに、アスペリティ間の相互作用について理解を進める。内陸地震に関しては、上部地殻と下部地殻・最上部マン托ルの不均質とその変形の空間分布を把握し、ひずみ集中帯の形成・発達と地震発生に至る過程に関する定量的なモデルの構築を目指す。また、スラブ内地震の発生機構を解明するため、スラブ内の震源分布や地震波速度構造を詳細に明らかにすることにより、スラブ内流体の分布と挙動の解明を図る。

#### い. 実施状況

##### ア. アスペリティの実体

大学は、海域で構造探査を行い、プレート形状やプレート境界の反射係数、速度構造等を調査し、それらの物理量においてアスペリティ領域と非アスペリティ領域との違いを調べ、その関係性について研究を行った。また、プレート境界近傍で発生した中小地震の発震機構解から応力場の推定を行った。沈み込んだ海山とアスペリティとの位置関係について詳細に検討した。小繰り返し地震を用いた研究では、プレート間における準静的滑りの時空間変化を調査した。さらに、太平洋プレートと、北米及びフィリピン海両プレートが接する領域において、各プレート境界面におけるカップリング係数の違いについて調査した。宮城沖の海溝陸側斜面では、海底地震計による地震観測及び海底圧力計を用いた地殻変動観測を実施した。中部日本の地殻変動を、ブロックの剛体運動、ブロック内部の一樣ひずみ、断層における滑り欠損の影響の三種類の効果の合成と考えてGPSデータを解析し、東海・東南海地域のプレート境界における滑り欠損分布を推定した。

防災科学技術研究所は、深部低周波微動の検出・微動源決定手法の改良を行った。また、短期的ゆっくり滑りの滑り域と微動源の移動について調査した。

海洋研究開発機構は、熊野灘沖南海トラフにおいて、地球深部探査船「ちきゅう」による掘削を実施し、各種の調査観測を実施した。また、構造探査データの解析を進め、海洋地殻の微細構造を詳細に調べ、1944年東南海地震の地震時滑りが大きい領域の構造の特徴

を調べた。

海上保安庁は、宮城沖から四国沖に至る海域に設置された海底基準点について海底地殻変動観測を実施し、ユーラシアプレート安定域に対する変位速度ベクトルを求めた。

大学、海洋研究開発機構、気象庁は、2011年東北地方太平洋沖地震発生後4日目から、海底地震計の設置を開始し、本震発生以前から設置されていた海底地震計と併せて、総計121点での観測を実施した。

#### イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

防災科学技術研究所は、ゆっくり滑り域の時間変化と微動の振幅情報を用いた逆解析手法を開発し、深部低周波微動や短期的ゆっくり滑りに同期して発生する深部超低周波地震の震源過程解析を行った。また、長期的ゆっくり滑りの発生期間内における、深部低周波微動と浅部超低周波地震の活動について調査した。さらに、傾斜計データを用いて、短期的ゆっくり滑りを自動検出する手法を新たに開発した。波形相関解析手法を用いて超低周波地震を効率良く検出し、それらのCMT解の推定を行った。

大学は、ボアホールひずみ計により、深部低周波微動に伴うひずみ変化を検出した。

産業技術総合研究所は、S波の振動方向を用いて深部低周波微動の発震機構解析を行った。

国土地理院は、GEONETによるプレート境界面上の滑りの検知能力を検討するとともに、滑り欠損分布を定常的に推定するシステムを構築した。また、2003年十勝沖地震後の余効滑り分布や、2010年の豊後水道ゆっくり滑りの時空間変化を推定した。

気象庁は、火山地域や活断層の下で発生する深部低周波地震周辺の世界構造について調査した。

#### ウ. ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

大学は、弟子屈・屈斜路カルデラ地域において震源分布・地殻構造・地殻変動・重力構造・地質地形・熱構造の解析を行った。また、2008年岩手・宮城内陸地震(M7.2)後の長期的余効変動から、上部地殻の厚さと下部地殻に深の粘弾性構造を推定した。さらに、多数の余震の卓越周波数や発震機構解から起震応力場と地殻強度を推定し、地下の流体の間隙圧の分布を推定した。また、長町利府断層(宮城県)地域や1938年釧路地方北部の地震(M6.1)の震源域などで三次元抵抗構造解析を進めた。さらに、東北日本弧において、熱構造や非線形粘弾性を考慮した有限要素法による地殻構造モデルを構築した。濃尾地震震源域や跡津川断層周辺域において、総合集中観測が行われ、地震活動や発震機構解に関する調査、制御震源構造探査、応力テンソル逆解析、地震波トモグラフィ解析、電磁気探査、GPS観測等を実施した。観測で得られた構造を基に断層の下部延長や両端の不均質構造を考慮した有限要素モデルを作成した。野島断層周辺では、注水実験に基づき岩盤の透水係数とその経年変化、自然電位変動を調べた。また、同断層近傍に設置されたアクロス震源の長期連続運転が行われ、P波、S波の走時や振幅の時間変化を調査した。また、中国地方において下部地殻の不均質構造を推定するため、高密度に観測点を配置して微小地震観測を実施した。

産業技術総合研究所は、中越地域において三次元地質・物性値構造モデルを構築した。また、大学は、海底調査により2007年中越沖地震の震源断層に関連する活背斜構造を発見した。

国土地理院は、新潟県から福島県に至る測線上のGEONETデータを用いてひずみ速度の時間変化を調査した。また、新潟県柏崎一長岡間の水準路線において水準測量を実施した。さらに、SAR干渉解析を行い、西山丘陵西側斜面における活しゅう曲の成長を示す地殻変動を見出した。

## エ. スラブ内地震の発生機構

大学は、北海道を含めた東日本において、スラブ内地震の発震機構解のデータを基に、応力の中立面の位置の推定を行った。また、スラブ内二重地震面の上面と下面間で発生する地震の空間分布などについて精査した。海陸統合データにより、東北日本沖の海溝下の地震の震源及び発震機構解の推定を行った。紀伊半島沖の東南海地震と南海地震の震源域境界周辺において、震源と三次元地震波速度構造を高精度に求めた。また、変換波を用いて、関東地方のフィリピン海プレートの形状を推定した。

## う. 成果

### ア. アスペリティの実体

宮城県沖の非アスペリティ域直上のマントルウェッジでは、相対的に低速度で  $V_p / V_s$  が大きいものに対して、アスペリティ域直上では  $V_p / V_s$  が小さく高速度になっている傾向が見られた。このことから、非アスペリティ領域直上においては、マントルウェッジが蛇紋岩化しているために地震時の滑りに対してはバリアとなっている可能性が示唆されたが、2011年東北地方太平洋沖地震においては、マントルウェッジの  $V_p / V_s$  の大きな領域においても地震滑りが発生したことが判明した。

宮城県沖から福島県沖では沈み込むスラブが折れ曲がり、この地域のアスペリティはスラブの屈曲点を避けるように浅い領域と深い領域の2列に存在していることが明らかになった。想定宮城県沖地震の震源域は、このうち深い領域のアスペリティに対応している。そこでは、応力テンソル逆解析を用いて推定された最大主圧縮応力軸方向と、プレート境界面の法線方向のなす角が小さくなっており、固着が相対的に大きくなりやすいことが分かった。したがって、宮城県沖におけるプレート間固着の空間変化には、マントルウェッジ内の不均質構造とともに、プレート境界面の形状が影響を及ぼしている可能性が指摘された。ただし、2011年東北地方太平洋沖地震では、アスペリティ域と非アスペリティ域の両方の領域が地震滑りを起こしたと考えられ、規模の大きな地震断層の摩擦特性は、M7クラスの地震の場合とは異なっている可能性も考えられる。

小繰り返し地震の研究から、アスペリティ域とそれ以外の領域で非地震性滑り速度の違いが認められた。また、GPSデータでは検出できないM6クラスの地震発生後の余効滑りも検出できた。

宮城県沖では、海底地殻変動観測から得られた東北地方太平洋沖地震発生前の変位速度は福島県沖よりも有意に大きく、陸上観測から推定された滑り欠損の蓄積速度より期待される変位速度に比べても大きいことが分かった。このことから、この領域ではプレート間の固着が強く、ひずみを蓄積していたことが示唆された。

中部日本のGPSデータから、東海地域では熊野灘と比較して滑り欠損の蓄積速度が半分程度になること、深部低周波微動はプレート間固着がほぼ無くなる場所の付近で発生していることが分かった。

### イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

宮城県沖の海底圧力計により観測されたプレート境界地震に先行する非地震性地殻変動は、陸上の体積ひずみ計でも観測されており、ゆっくり滑りによって説明できることが分かった。

西南日本における深部低周波微動の活動は、プレート境界の等深線に沿って浅部と深部の2列の帯状に集中していることが分かった。浅部側の活動は約半年ごとに発生する短期的ゆっくり滑りを伴う大規模イベントであるのに対して、深部側の活動は定常的であることが分かった。豊後水道で2003年に発生した長期的ゆっくり滑りの場合も、同様であった。1996～1997年に発生した長期的ゆっくり滑りの滑り域の最深部と浅部低周波微動活動域



は一致し、微動の分布域を境として、それより浅部ではゆっくり滑りが発生し、深部では安定滑り域となっていると考えられる。

2003年、2010年に豊後水道で発生した長期的ゆっくり滑りでは、滑り領域内での微動と、足摺岬沖で発生する浅部超低周波地震とが、同時に活動したことが分かった。この領域が1946年南海地震の震源域の西隣に位置していることを考慮すると、海溝型巨大地震の破壊過程や準備過程を検討する上で非常に重要な観測事実である。

短期的ゆっくり滑り発生1～4日前に、深部側の低周波微動が活動を開始し、時間とともに浅部に移動して、ゆっくり滑り域に達するとゆっくり滑りが発生することが明らかになった。三次元地震波速度構造から、深部低周波微動発生域近傍ではP波速度が小さく $V_p / V_s$ 値が大きい傾向があり、この領域でのマントルウェッジが蛇紋岩化していると考えられ、深部低周波微動の発生にはプレートから脱水した流体が関与している可能性が示唆された。

房総半島沖の小繰り返し地震が、フィリピン海プレート最上部に分布する火山性砕せつ物・火山岩層（VCR層）の下面に沿って分布していることから、現在のプレート境界がVCR層の下面におおむね一致することが判明した。これは、海洋プレートの底付け作用であると考えられる。

小繰り返し地震の解析から、太平洋プレートと北米プレート間、太平洋プレートとフィリピン海プレート間でカップリング率が顕著に異なることが分かった。これは、プレート境界面の上盤側の物質の違いが、プレート間の固着状態に大きな影響を及ぼすことを示す重要な結果である。

#### ウ. ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

2008年岩手・宮城内陸地震後の長期的余効変動から、下部地殻以深の粘性係数が推定された。また、余震の発震機構解から地殻内流体の間隙圧の分布を推定した結果、地殻下部に間隙圧が高い領域があることが推定された。この流体が本震を引き起こし、更に本震時滑りや余効滑りに伴って周囲に拡散することにより、複雑な余震活動が生じた可能性が考えられる。

新潟県から福島県に至る測線上においてGPS観測によるひずみ速度を調べた結果、平時はひずみ集中帯でひずみ速度が大きいことが示された。東北地方太平洋沖地震に伴うひずみ変化は、ほかの場所とほとんど変わらないことが示された。このことは、ひずみ集中帯における大きな東西短縮が太平洋プレートの沈み込みによる単純な弾性変形では説明できないことを示唆しており、ひずみ集中帯の成因を考える上で重要な知見である。

濃尾地震震源域における断層近傍の三次元地震波速度構造から震央付近の地震発生層深部に低速度域が存在し、地殻流体の存在を示唆する結果が得られた。その直上には顕著な高速度域が存在し、その中の地震活動度は低調である。

跡津川断層帯直下の下部地殻は周囲に比べ低速度になっており、流体の存在によって説明可能である。一方、制御震源構造探索からは、顕著な反射帯が見出され、その位置は地震波低速度域とほぼ一致している。また、低比抵抗領域は、下部地殻からこの領域の主要な3つの活断層帯へと伸びており、下部地殻における流体の存在と強く関係していることが明らかになった。GPS解析からは、跡津川断層両端にせん断ひずみの集中が見られること、断層の南側では西半分だけにせん断ひずみの集中が見られることが明らかにされた。また、周辺の各断層の地表トレースに対応してひずみ変化が見られることから、各断層には独立したひずみエネルギー蓄積機構を持っていると考えられるが、これは各断層の深部延長で変形集中が生じているとするモデルと整合的である。

#### エ. スラブ内地震の発生機構

スラブ内で二重地震面の上面と下面の間に発生する地震（面間地震）が特に集中して発生している東北地方中央部から南部の前弧域、北海道東部前弧域では、プレートに海山が多く存在する部分が沈み込んでいると考えられることから、面間地震の発生にスラブの脱水反応が関係している可能性が示唆された。また、東北地方・北海道両地域ではスラブ内における応力の中立面の深さが、有意に異なっていることが明らかとなった。スラブ内大地震の余震域は中立面を越えておらず、その破壊域の広がりやスラブ内の応力場で規定されていると考えられる。

アウターライズで発生した1933年三陸沖地震の震源域では、プレート上面から約15 kmを境に浅部側に正断層型、深部側に逆断層型が分布していることから、海溝近傍プレート内の地震の発生メカニズムについては、海洋プレートの沈み込みによって、海溝付近で海洋プレートが下向きに曲げられる力の効果によって説明可能であることを示している。

2011年4月7日のM7.1の宮城県沖スラブ内地震は、東北地方太平洋沖地震時に大きく滑った領域の直下で発生し、その破壊開始点や余震の分布域は、三次元地震波速度構造から低速域に対応していることが分かった。この地震は海洋プレートのマントル内部で発生し、かつてアウターライズで正断層型の地震を発生させた断層が再活動したと考えられる。

#### え. 今後の展望

アスペリティモデルでは、プレート境界は非地震的に滑る領域と地震時にのみ滑る領域に分かれていると考えられていたが、2011年東北地方太平洋沖地震では、M7クラスの地震の余効滑り域でも地震時滑りが発生し、これまで固着が弱く滑り欠損の蓄積は小さいと考えられてきたプレート境界浅部域においても50 mにも及ぶ地震滑りが発生した。これらのことから、少なくとも東北地方太平洋沖ではアスペリティとそれ以外の領域という単純な二元論では説明できないことが明らかになった。

断層の摩擦特性を記述するパラメータの値は長期間にわたって不変ではない可能性があることや、アスペリティの強度は必ずしも大きくない可能性もあることなどを念頭に置いて、従来の単純なアスペリティモデルよりも柔軟なモデルを構築する必要がある。このようなモデルに制約を加えるためには、より正確な地震時滑りの時空間分布、それに引き続く余効滑りの時空間分布、前震とその余効滑り等の本震に先行した現象、プレート境界浅部の固着状態や構造的な特徴などから、摩擦特性に関わる情報を得ることが重要である。また、約3年前及び2011年2月以降に本震時の滑りが大きかった領域内でゆっくり滑りが活発化したことも重要な情報である。

西南日本では、深部低周波微動や短期的・長期的ゆっくり滑り、浅部超低周波地震等の多様なプレート境界上の滑り現象が捉えられており、これらの相互作用についても次第に明らかになりつつある。これらの現象について更に詳細な解析を進め、超巨大地震発生との関連について検討を進める必要がある。

跡津川断層や濃尾地震断層周辺などのひずみ集中帯において実施された総合観測や、近年発生した内陸地震の震源域周辺などにおける観測により、内陸地震のアスペリティに対応すると考えられる地震波の高速度域や、断層深部延長の下部地殻に局在する低速域などの不均質構造が捉えられた。内陸地震の震源断層への応力集中と地震発生はこれらの不均質構造に起因すると考えられ、簡単な物理モデルも構築された。今後は、不均質構造の形状などを更に精度良く把握し、ひずみ場や応力場を再現できるより高度な物理モデルの構築が必要である。

2011年東北地方太平洋沖地震発生やその後の大規模余効変動によって、列島規模で応力状態が変化しており全国各地で誘発地震が多発している。これらの誘発地震の発生機構を解明

し、今後の地震活動の予測に結び付けることは新たな課題である。

スラブ内地震の発生機構については、高精度の震源分布や発震機構解、高解像度の地震波速度構造などによって理解が大きく進んだ。今後も新たな解析手法を利用し、スラブ内地震の発生機構の解明に努め、プレート内の応力場に基づく規模の予測やプレート境界地震との相互作用の解明といった視点から研究を継続する必要がある。

## (2-2) 火山噴火準備過程

### あ. 目的

観測に基づき火山活動の現状を評価し、噴火の時期と規模の予測を目指して、マグマの上昇過程や蓄積過程の多様性の理解とモデル化に関する研究を推進する。また、マグマの上昇過程や蓄積過程を支配する火山体直下の構造や、水蒸気爆発の準備過程の理解に不可欠な浅部の地下水構造を解明する。噴火間隔、規模、様式の規則性や時間的変化を理解するため、全国の活火山で地質調査や岩石学的研究を実施し、噴火履歴の解明に努めるとともに、マグマの分化や混合などのマグマだまりの発達過程の解明を目指す。

### い. 実施状況

#### ア. マグマ上昇・蓄積過程

大学では、桜島、阿蘇山、伊豆大島、雲仙岳（長崎県）、浅間山、草津白根山、岩手山（岩手県）等を対象に多項目観測と人工地震や電磁気学的手法を用いた探査により、火山体構造とマグマ蓄積過程の解明を行った。噴火活動を継続しながらも今後想定される大規模噴火に向けてマグマ蓄積期にある桜島において、地震、地殻変動、重力、火山ガス等の多項目観測と人工地震及び電磁気探査を実施し、マグマ蓄積と火山噴火活動を調査した。阿蘇山において、地殻変動、重力、電磁気、熱観測等を行い、現在の火山活動を把握するとともに、レーザ関数解析を用いて火山深部の構造を推定した。伊豆大島において、地震、地殻変動、電磁気、火山ガス観測等を行い、現在の火山活動を把握するとともに、人工地震による構造探査を行った。1990～1995年に活動した雲仙岳の地殻変動、地震観測データを再解析し、マグマ移動の把握を試みるとともに、マグマ蓄積による応力変化の検出を試みた。浅間山では、地震波干渉法による速度構造の推定を行った。草津白根山では、比抵抗構造と震源分布との関連を調査した。岩手山では、1998年活動初期のひずみ記録を再解析し、噴火と噴火未遂を分ける要因を考察した。世界のホットスポット火山について、地震波トモグラフィ手法を用いた深部構造や、マグマ生成域であるプレート沈み込み帯のマントルウェッジの速度構造の推定を行った。

気象庁では、マグマ蓄積過程を明らかにするため、霧島山、伊豆大島、浅間山でGPS、傾斜計、光波測量、重力による地殻変動観測を行い、マグマ蓄積による圧力源の位置を明らかにした。また、全国92火山についてSAR干渉解析を行い、火山性地殻変動の検出に努めた。気象庁及び大学では、草津白根山の噴気活動、火山性微動、地殻変動の関連を調査した。

防災科学技術研究所では、高周波数の地震波振幅を用いた震源決定によって、エクアドルのトゥングラワ火山で発生した爆発的噴火に伴う地震の震源が火口へ向かって1.6 km/secで上昇する過程を捉えた。

産業技術総合研究所では、火山活動に伴う熱水系の変動予測と、その原因を求める手法の確立のために、伊豆大島において自然電位の分布調査、AMT法による電磁気探査及びそれらのデータに基づいた数値シミュレーションを実施した。

国土地理院では、全国の火山の地殻変動をGPSデータなどから解析し、マグマ蓄積量を推定した。

#### イ. 噴火履歴とマグマの発達過程

大学は、活動的な火山の噴火履歴を解明するため、桜島で掘削とトレンチ調査を行い、主要なテフラ層の層序を推定するとともに、火山噴出物の全岩化学組成と鉱物化学組成の測定を行い、その組成の変遷を調査してマグマだまりの発達過程を推定した。伊豆大島の20世紀の噴出物の詳細な試料採取を行い、全岩化学組成と鉱物化学組成の測定を行った。有珠山、羊蹄山（北海道）、大雪山（北海道）、雌阿寒岳、岩木山（青森県）、蔵王山（宮城県）等において地質調査を行い、過去の噴火活動について検討した。

産業技術総合研究所では、噴火の規則性を明らかにするために、十勝岳及び樽前山の積算噴出量と噴火時期を示した階段図を作成するとともに、噴火様式の時間的変化を明らかにするために諏訪之瀬島（鹿児島県）の地質調査及び桜島の過去の噴火活動の再検討を行った。

## う. 成果

### ア. マグマ上昇・蓄積過程

マグマ噴火が発生する火山では地震観測や地殻変動観測に火山体の構造調査を組み合わせることによりマグマ供給系の理解が進んだ。

昭和火口で爆発的噴火が頻発するなど火山活動の活発化が見られる桜島（噴火活動に関する成果はIV章を参照）では、人工地震による構造探査を行い、始良カルデラ及び桜島直下の基盤深度を明らかにするとともに、始良カルデラのマグマだまり（深部マグマだまり）と桜島直下のマグマだまり（浅部マグマだまり）を結ぶ場所に、マグマの通路を示唆する地震波低速度域を見いだした。また、地震波トモグラフィにより、深部マグマだまりに対応する低速度域は、マントルまでほぼ垂直に広がっていることが明らかになった。さらに、水準測量やGPS観測により、深部マグマだまりでは、蓄積速度を変化させながらも、依然として蓄積が継続していることが示された。一方、浅部マグマだまりでは、時期によって膨張の卓越方向が異なり、南北方向の膨張後に噴火活動が活発化する傾向が見出された。

伊豆大島においては、約3年周期で間欠的に山体の膨張と収縮が観測されており、カルデラ内の深さ数kmの領域でマグマの上昇による蓄積と深部への還流が繰り返されていると考えられる。また、マグマの蓄積に伴ってカルデラ内のごく浅部と伊豆大島の沿岸部の深さ数kmで地震が発生するが、その発震機構解は周辺の広域応力場とマグマ貫入により生じた応力場に強く影響を受けている。マグマが蓄積するのは、伊豆大島直下の上部地殻のP波速度5.5~6.0 km/s層内に限られ、マグマ蓄積が地下の密度分布に大きく支配されていることが示された。比抵抗分布及び自然電位の分布を再現した数値シミュレーションにより、山体の浸透率が大きく、地下水位はほぼ海水準に位置し、顕著な熱水系は発達していないことが明らかになった。自然電位の連続観測により静穏期の降雨に伴う変化を明らかにした。

雲仙岳では、応力テンソル逆解析によりA型地震の起震応力場を推定した。その結果、千々石（ちぢわ）湾下の深部マグマだまりから、雲仙岳浅部へマグマが上昇を開始した時期に、千々石（ちぢわ）湾の地下の応力場が変化したことが分かった。これは地震の発生はマグマだまりの圧力変化と関係があることを示すものである。

岩手山では、噴火未遂に終わった1998年の活動について、活動初期のひずみ記録を再解析した。マグマ上昇に伴う気泡成長モデルから期待される地殻変動との比較から、マグマ上昇の途中で気泡の成長がなく、十分な浮力を獲得できなかったことが噴火未遂に終わった原因であると解釈できた。

浅間山では、地震波干渉法により速度構造が推定され、深部マグマだまりに相当すると考えられる低速度域が見付けられた。この低速度域の速度は2008年8月の噴火前に、徐々

に低下していったことが明らかにされた。

熱水活動が卓越している火山では比抵抗構造と熱活動や地震活動などの関係から浅部熱水系について明らかにされつつある。草津白根山では、湯釜東壁から放出される火山ガスの水素成分が増加し、噴気活動の活発化がマグマ由来であることが明らかになった。また、三次元比抵抗構造と火山性地震の震源分布の対比から、熱水系の構造と地震発生機構の関連について理解が進んだ。

阿蘇山では、地殻変動観測から山体深部のマグマだまりの存在が推定され、この位置は地震波の低速度域に一致する。山頂火口の湯だまりからの熱放出量が多いが噴火活動が静穏な時には、マグマだまりが収縮していることが明らかになった。これは、熱的活動が卓越する火山の噴火準備過程の把握には、湯だまりの熱収支の定量的評価が重要であることを示している。

桜島、霧島山、三瓶山（島根県）、大山（鳥取県）の下では、下部地殻から最上部マントルに至る大規模な低速度域が存在し、深部のマグマ供給系の描像が得られた。特に、霧島山では低速度で高ポアソン比の異常域が下部地殻に広く分布し、クラックの密度が高く、その内部では地殻流体の飽和度が高い可能性がある。

エクアドルのトゥングラワ火山における爆発的噴火に伴う地震の解析から、マグマ火道深部の圧力変化とその上方への移動速度が爆発的噴火のトリガーとして重要であることを明らかにした。

SAR 干渉解析の手法を用いて、全国の火山の活動を把握した。十勝岳、有珠山、吾妻山、伊豆大島、三宅島、硫黄島、九重山、阿蘇山、雲仙岳、霧島山、桜島、口永良部島（鹿児島県）、諏訪之瀬島において火山活動に伴う地殻変動を捉え、マグマ蓄積の多様性に関する知見が得られた。

#### イ. 噴火履歴とマグマの発達過程

噴火履歴の調査と岩石学的分析や年代測定により、マグマの発達過程が明らかになりつつある。例えば、桜島の南岳活動期以降の噴出物については、大正噴火と同様に玄武岩質マグマの関与が認められ、その度合いが噴火規模を支配している可能性が高いことが示された。伊豆大島の20世紀の噴出物については2種類の  $\text{SiO}_2$  量の異なるマグマの混合により形成され、斜長石斑晶は、より  $\text{CaO}$  や  $\text{MgO}$  に富んだマグマから晶出したことが明らかになった。岩木山では、地形判読により四つの溶岩ドームの生成順序を推定するとともに炭素年代測定により噴火時期の推定を行い、噴火履歴を明らかにした。樽前山では、中～小規模な噴火の時期を挟んで大規模噴火が繰り返されており、最近の活動は中～小規模な噴火が繰り返される時期である事が推定された。諏訪之瀬島では一万年前に大規模な火砕噴火が卓越する時期から、現在と同様の活動に推移した事が明らかとなった。

#### え. 今後の展望

幾つかの火山では、噴火活動の静穏期であっても、地下のマグマ蓄積によると推定される地殻変動が明瞭に観測された。これを火山噴火準備過程から分類すると、（1）霧島山（新燃岳）のように、休止期の後マグマ蓄積の開始からそのまま噴火に至る活動、（2）伊豆大島のように、地震活動や地殻変動以外に噴火の兆候を示す現象が観測されていない静穏期にある火山で、地下でマグマの上昇と還流が周期的に繰り返す活動、（3）桜島のように、マグマの蓄積と噴火によるマグマの放出が同時に起こり、マグマの収支バランスに支配される活動、の3種に大別できると思われる。これらの噴火準備過程の相違は、火道の状態、マグマの物性やマグマ蓄積の深度における環境が大きく関与していると考えられる。

したがって、火道が閉塞している火山については、「火山噴火準備過程」を、マグマ蓄積過程、マグマ上昇による火道形成過程、噴火直前過程に分けて研究を進めることが有効であ

ろう。この時、マグマの蓄積においては山体直下の密度構造が大きく関与するので、地下の構造とその時間発展を調査する必要がある。また、桜島のように頻繁に噴火が発生し、既に火道が形成されている火山では、マグマの放出率と供給率の違いが噴火に至る過程や噴火様式に対してどのような影響を及ぼすのかを明らかにする必要がある。

一方、現状では新たなマグマ蓄積は確認されていないが、熱水系が存在し、水蒸気爆発やマグマ水蒸気爆発が懸念される火山もある。これらの火山については、既存の熱水系の発達過程やマグマ貫入に伴う熱水系の変化についての研究を推進する必要がある。

また、マグマだまりでのマグマの発達過程が噴火様式に与える影響の大きさについては、桜島におけるマグマ成分の変遷より明らかになった。今後も同様の研究を他の火山についても行い、それを噴火様式の変遷と関連付けて推進する必要がある。さらに、活動的な火山における噴火履歴の研究は、マグマ発達過程の解明や噴火予測のための噴火シナリオの作成に極めて重要であるので、より一層体系的に推進する必要がある。

### (3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

#### (3-1) 地震発生先行過程

##### あ. 目的

地震発生予測の時間精度を高め、短期予測を可能にするためには、地震発生の直前に発生する非可逆的な物理・化学過程（直前過程）を理解して、予測シミュレーションモデルにそれらの知見を反映させ、直前過程に伴う現象を的確に捕捉して活動の推移を予測する必要がある。これまでの研究によって、地震に先行して発生する現象は多種多様であり、地震発生準備過程から直前過程にまたがって発生する現象の理解を進める必要性が認識されている。このために、1)地震に先行する地殻活動などの諸過程を地震発生先行過程と位置付けて研究し、2)そのメカニズムを明らかにして、特定の先行過程が地震準備過程や直前過程のどの段階にあるかを評価し、3)数値モデルを作成し、4)モデルを予測シミュレーションシステムに組み込む必要がある。地震発生予測システムの研究に資するために、地震発生先行過程に関する研究では、上記の1)と2)を実施する。

##### い. 実施状況

###### ア. 観測データによる先行現象の評価

大学は、鉾山の採掘に伴って発生する地震の震源域ごく近傍で地震・地殻変動を観測し、地震やゆっくり滑りの先行過程について調べた。また、日本全域の応力場を推定するために、国立大学観測網地震カタログ (JUNEC) のP波初動極性を用いて、1985年7月から1998年12月までに日本で発生した約14,000個の地震の発震機構解を推定し、カタログ化した。

大学は、巨大地震前にGPS観測で得られる総電子数(TEC)の異常が現れるかを検証した。また、地震発生に先行してVHF帯の電波が見通し外に伝播（でんぱ）する異常現象（地震エコー）を検出するために、観測手法の高度化と連続観測を実施した。

大学は、大気中ラドン濃度連続データから、気象由来の変動成分を評価することによって、地殻応力に起因する変動を推定するモデルを作成した。また、地下水溶存ガスの連続観測を継続するとともに、観測装置の改造を行った。大学と気象庁は、地殻構造の時間変化を監視する新しい手法として、地動の雑微動記録に地震波干渉法を適用し、観測点間の相互相関に基づいてプレート境界からの反射波を検出する試みを行った。

###### イ. 先行現象の発生機構の解明

大学は、室内実験データの詳細な検討により得られた新しい摩擦則を用いて、地震活動の消長から応力変化を推定するための理論モデルを構築し、地震サイクルのシミュレーションを行った。

大学は、1995年（平成7年）兵庫県南部地震などの前後に微小地震活動度が大きく変化したことが指摘されている北近畿の丹波山地において、高密度の多項目観測を実施した。

防災科学技術研究所及び海洋研究開発機構は、西南日本における深部低周波微動と、その浅部延長にあるプレート境界巨大地震のアスペリティを載荷する深部の準静的滑りとの関係を明らかにするために、プレート境界深部の準静的滑り域の中に、多数の微小なアスペリティを仮定したシミュレーションを行った。

大学は、電磁気現象と地震発生との関連を明らかにするため、電磁場が応力によって変動する機構の理論的・実験的研究を進めた。

## う. 成果

### ア. 観測データによる先行現象の評価

南アフリカ大深度鉱山内で震源ごく近傍に設置したひずみ計では、従来からゆっくり滑りに相当するイベントについてはプレスリップが発生する事例が多数あったが、地震のプレスリップはこれまで見付けられていなかった。今回、M0.3の地震について、震源から20m以内にあるひずみ計で、明瞭なひずみ変化が6.5時間前から開始した事例が見付かった。このことは、実験室以外でプレスリップが世界で初めて捉えられた可能性が高い。ただし、室内実験や数値シミュレーションで示されているような、地震発生が近づくにつれプレスリップが加速する現象は観測されなかった。また、このようなプレスリップが、より大きな地震に先行して観測されなかった事例も多数確認されている。今後は、どのような場合にプレスリップが起こるのかを、良質なデータを増やして十分に検討する必要がある。

2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）に際し、地震発生の約40分前から東北地方上空で最大10%程度の総電子数（TEC）の正の異常の報告があった。これは、GPS衛星が送信するマイクロ波の解析から推定されたものである。2004年スマトラアンダマン地震（M9.1）や2010年チリ地震（M8.5）でも、同様の異常が見られることが報告されている。一方で、東北地方太平洋地震の約10分後に大気音波が電離層に到達し、その後数10分続くTECの減少も観測されている。地震前のTECの正の異常と地震後の負の異常が連続して発現しているため、観測データの解釈には注意が必要であり、更に精査する必要がある。大地震による大気音波の擾乱（じょうらん）が電離層に到達して生じる変動のうち、周期数百秒の振動成分についてはモデルが提案されているが、数10分間継続するTECの減少機構は分かっていない。地震前にTECに正の異常が生じる機構を解明するとともに、地震後のTECの変動を定量的に説明するモデルの構築を行うことが必要であろう。

M4以上の地震に対して地震エコーが観測された事例が、50以上収集できた。さらに、地震エコーの継続時間の総和と発生する地震のマグニチュードの間に関係があることが報告された。

新たにカタログ化された発震機構解を用いると、静的クーロン応力変化と地震活動変化の相関が明瞭になり、応力場解析が地震活動の予測に有効であることが示された。また、地震波干渉法によりモホ面や地殻内反射面からの信号が認められ、地殻構造の時間的変化検出の可能性が示された。

### イ. 先行現象の発生機構の解明

新たに提案された摩擦則を用いて、単一バネ-ブロックによる地震サイクルのシミュレーションを行った結果、従来の摩擦則に比べてサイクル後半の固着がより一層小さくなることが示された。さらに、固着度の低下はサイクルの後半約1/3の期間で著しく加速するため、なんらかの方法で固着度を観測できれば、地震サイクルの中でどの段階にあるかを、推定できる可能性がある。

シミュレーションにより、西南日本の深部低周波微動の活動域が移動する現象が再現で

きた。また、巨大地震発生前には、上記の固着度の低下に伴い、深部低周波微動の発生間隔が短くなる可能性が示された。

微小破壊を伴わない条件で岩石試料を加圧する室内実験を行い、正孔電荷キャリアの拡散により起電力が発生する可能性が示された。また、伊豆諸島の電位観測では、地震の発生場所により地電位異常の極性が決まることが分かった。2011年東北地方太平洋沖地震が発生した際、地震波の到来に伴う顕著な地電位の変化が検出された。

#### え. 今後の展望

実験や数値シミュレーションにより確認された地震先行現象のうち、その物理機構が分かっているものについては、自然界での検出を試みることは極めて重要である。その意味で、南アフリカ鉱山での誘発地震を用いた研究は、先駆的なアプローチである。プレスリップが見付けられた一方で、顕著なプレスリップを伴わない地震が発生した例も多く、プレスリップの加速現象も見出されていない。今後は事例を増やして、プレスリップの発生率がどの程度であるか、なぜプレスリップを伴わない地震があるのか、なぜプレスリップの加速が見られなかったのか、などについて戦略的な調査を検討すべきである。また、実験室では可能な固着度のモニターが自然界でもできれば、地震発生前の固着状態の時間変化が直接観測でき、地震先行現象の理解が進むと期待できる。自然地震、人工震源を用いたフィールドでの実験観測を開始することが望ましい。さらに、シミュレーションにより巨大地震発生前のクリープ現象の指標となる微動活動を再現できたことは重要な進歩であり、この方向での一層の研究の深化を目指すべきである。

現在は発生機構が分かっていない事象であっても、自然界で地震に先行すると思われる例が多数観測される場合は、観測システムの特徴を正確に把握し、得られたデータの限界も明確にしなが、発生機構の解明に努める必要がある。例えば、2011年東北地方太平洋沖地震前に見られたTEC異常や地震エコーの現象については、多面的な研究や事象を増やすことにより、地震に先行する現象であったかどうかの検証を進めていくべきである。また、3月9日に発生したM7.3の地震の余震域が、3月11日に発生した地震(M9.0)の震源に近づくように拡大したことが報告されている。大地震前の地震活動の特徴を明らかにし、このような一連の地震活動が、本震に先行した理由を解明するとともに、観測から実時間で先行現象と判別する方法についても研究を進めていくべきである。地震発生数の時間変化が何を反映しているのかについては、断層の力学的相互作用を考慮したシミュレーションなどによって、今後理解が深まる可能性もあるので、地震活動の変化に着目した研究についても一層推進すべきである。

「地震発生先行過程」は平成21年度からの現行計画より始められた。上述のほかにも、多くの課題で予察的な結果が得られ始めているが、今後はその有意性を統計的に検証した上で先行現象であるか否かを判断する必要がある。規模の大きな地震の頻度は高くないので、可能なものについては発生頻度の高い現象を中心として研究を推進すべきであろう。

### (3-2) 地震破壊過程と強震動

#### あ. 目的

大地震の断層面の不均質性と動的破壊特性及び強震動・津波の生成過程を理解するために、震源解析及び震源物理に基づく破壊過程の研究を推進する。プレート境界のアスペリティ分布及び内陸活断層やスラブ内地震の強震動生成域を事前に推定するために、強震動生成域と地震活動や地殻不均質構造などとの関連性を調査する。短周期強震動の生成に関わる、断層滑りの動的特性とアスペリティ内の微細構造との関連を重点的に調査する。不均質な地下構造や詳細な海底地形及び断層破壊の動的特性を正しく評価した震源モデルを用いて、強震動及び津波の大規模数値シミュレーションを行い、M8クラスの海溝型地震からM6クラスの内



陸地震まで、幅広い規模の地震に用いることができる強震動・津波の予測手法の開発を目指す。

## い. 実施状況

### ア. 断層面の不均質性と動的破壊特性

大学は、プレート境界地震及び内陸地震やスラブ内地震の強震動生成域の事前推定を目指し、地震波形逆解析などの震源過程解析手法や高精度震源決定法を用いてアスペリティ領域の高精度マッピングを行い、過去の大地震の解析事例を増やした。また、断層面上の強震動生成域と地殻不均質構造及び微小地震活動との関係を解明するため、二重時間差トモグラフィ法を用いて、近年発生した大地震の震源断層周辺の詳細な地震波速度構造を求めた。

大学は、三次元地下構造に基づく地震波伝達関数を用いた震源過程の解析手法の開発を行うとともに、これを用いてプレート境界や内陸の地震の震源断層パラメータを高精度に推定した。

産業技術総合研究所は、断層面における反射強度の分布と強震動生成域及び破壊過程との関係の解明を目指して、反射法地震探査の手法を用いて断層面の不均質性を検出する実験を行った。

防災科学技術研究所は、地震波形データの取得から震源過程解析までを即時的に処理するシステムを高度化した。

気象庁は巨大地震の発生から数分以内に震源過程を把握する手法の高度化を行った。

### イ. 強震動・津波の生成過程

大学は、津波の即時予測の高度化に向けて、沖合津波計による津波波源の解析の高度化と津波予測手法の検討を進め、即時的に得られる津波波形データを取り込んで、逐次的に津波波源の推定精度を改善していく新しい津波予測手法の開発を行った。また、津波予測のリアルタイム性の向上を目指し、陸上GPSや海底津波計などの観測データを統合的に用いて逆解析を繰り返す、津波波源の解析の新しいアルゴリズムの開発を進めた。また、強震動や津波の高精度予測に向けて、地震動、水中音波、地殻変動、津波を同時に計算できる新しい手法の開発を行った。

大学は、周期1秒以下の短周期地震動を高精度に予測するため、S波コーダ部分を用いた表層地盤の増幅特性（サイト増幅特性）の解析を行った。深発地震に見られる異常な震度分布から、スラブ内の速度構造の不均質性を推定した。

大学は、平野部の長周期地震動の予測精度を向上させるため、軟弱地盤構造を考慮したシミュレーションモデルを作成し、その妥当性を検証した。

気象庁は、沖合津波観測データを用いた沿岸津波波高予測手法の開発を行い、その妥当性の検討を進めた。また、津波警報などの適切な解除に資するため、津波の高さの時間減衰を予測するための計算手法を開発した。

## う. 成果

### ア. 断層面の不均質性と動的破壊特性

1995年兵庫県南部地震、1997年（平成9年）鹿児島県薩摩地方の地震（M6.6）、2000年（平成12年）鳥取県西部地震、2001年（平成13年）芸予地震、2003年宮城県北部の地震、2004年（平成16年）新潟県中越地震等の解析の結果、他の内陸地震やスラブ内の地震と同様に、地震の滑り量の大きな領域は地震波速度の低速度域を避けて、比較的高速度な領域に分布していることが確認された。一方、破壊開始点は、低速度域内部あるいはその周辺に位置していることが分かった。また、2003年の福島沖の地震（M6.8）の解析では、滑り域と海底地形の比較から、沈み込んだ海山がこの地震を起こしたアスペリティの成因で

ある可能性が示唆された。茨城県沖では約 20 年に一度の割合で M7 クラスの地震が規則的に発生している。このうち、1982 年と 2008 年に発生した地震の詳細な震源過程解析を行い、2つの地震は強震動生成域が 10 km 以内の精度で重なり、その震源の大きさ、滑りの立ち上がり時間、破壊伝播（でんぱ）速度などが良く一致し、プレート境界地震の再現性を確認した。

曲面状の断層モデルに基づいた地震波形の計算手法の開発を行い、三次元の不均質地下構造の効果も併せて 2003 年宮城県北部の地震の解析を行った。その結果、一次元の世界構造で平面の震源断層を仮定した従来の結果に比べて、前震・本震・最大余震の滑り量分布の棲み分けが明瞭になったほか、地殻変動データとの矛盾も解消されるなど大きな進展があった。

2003 年宮城県北部の地震の震源域で実施した反射法地震探査により、地殻深部の断層面からと考えられる反射波が明瞭に検出された。その反射波を用いて断層面上の不均質性を明らかにできる可能性がある。

F-net によるモーメントテンソル解を自動取得する機能を震源過程解析システムに追加するとともに、三次元波動伝播（でんぱ）可視化ソフトに断層面を表示する機能を追加し、断層形状モデルの構築に要する時間の短縮を図った。また、曲面状の断層モデルに基づいた震源インバージョン手法を開発し、複雑な断層面形状が示唆されている 2008 年 7 月 24 日岩手県沿岸北部の地震及び 2009 年 8 月 11 日駿河湾の地震について震源過程を推定した。

即時的に断層破壊過程を推定するための手法として、規格化短周期波形エンベロープを用いた震動源探索手法（改良 SSA 法）を開発し、数値シミュレーションでその有効性を検証するとともに、1994 年三陸はるか沖地震や 2003 年十勝沖地震などを解析した。

#### イ. 強震動・津波の生成過程

釜石沖の 2 台の海底津波計で記録された 2005 年宮城県沖地震のデータを用いて、津波波源（海面変動）の逐次的な逆解析を行い、津波の即時予測に有効であることを確認した。2004 年紀伊半島南東沖の地震は、地震波形解析からは二つの共役な面のうちどちらが地震断層面であるかを特定できなかった。室戸沖海底津波計の観測波形を用いて津波の分散性を考慮した計算手法により震源断層面を一つに特定できた。地震動と津波データを有効に活用して詳細な震源過程を解析するため、地震動、水中音波、地殻変動、津波を同時に計算できるコードを開発し、その有効性を検証した。

周期 1 秒以下の強震動の予測精度の向上を目指し、全国の K-NET/KiK-net 強震観測点で記録された地震波の S 波コーダ部分を用いた表層地盤の増幅特性の解析を行い、全国の観測点における周波数ごとのサイト増幅係数を精度よく推定した。深発地震に見られる異常震域の成因として、スラブが高速度・低減衰であることに加え、短周期の地震波がプレート内の散乱体の中を伝播（でんぱ）する際に広角多重散乱を起こして遠方まで導かれる「散乱トラップ」効果が重要であることが分かった。

2004 年紀伊半島南東沖の地震の長周期地震動のシミュレーションを行い、全国の強震観測波形を再現するように地下構造モデルを修正した。こうして高度化された地下構造モデルを用いて再現した 1944 年東南海地震の長周期地震動を、大手町（東京都）や東金市（千葉県）に設置されていた機械式強震計記録により検証した。これにより、想定される南海トラフの地震において、関東平野で長周期地震動を強く励起する伝播（でんぱ）経路の特性や、平野での増幅特性などの理解が大きく進んだ。これを他の地域にも適用することにより、濃尾平野や大阪平野など日本各地の広帯域強震動の予測精度が向上し、耐震工学研究分野との連携による建造物の被害予測と災害軽減に向けた研究が加速した。

東南海地震を想定した合成津波波形を用いて、沖合津波波形の逆解析に基づく津波予測

手法が津波波源域から離れた沿岸地域に対する津波予測には極めて有効であることを確認した。また、波源近傍の沿岸地域に対しては、沖合津波データだけでなく測地データとの併合処理が必要であることが判明した。

#### え. 今後の展望

大地震の破壊過程の詳しい理解を通じて、強震動発生域の繰り返し性とその階層性や連動発生条件などを知り、強震動や津波の予測に生かすことが重要である。近年、高密度強震観測データだけでなく、高サンプリング GPS 観測データや海底津波計データを併合した広帯域地震動解析手法の開発を進めてきた。その結果、大地震の破壊過程がより詳しく分かるようになり、高周波地震動を放射する場所、滑り量の大きな場所、津波を生成する場所の位置関係に関する議論が開始された。また、これまでの研究により得られた詳細な地下構造モデル、震源モデル、観測点サイト特性を利用し、過去に発生した地震の地震動からその震源過程を再評価して、大地震の発生間隔の規則性や不規則性についても研究が進められている。今後、これらの研究を一層推進させるためには、詳細な反射法地震探査や地震波トモグラフィーによる震源断層近傍の構造解明や、微小地震活動と発震機構解による応力状態の推定が重要である。また、地震発生予測シミュレーションとの連携など、現行計画の他の項目で進められている最新の研究成果との連携も必要である。

2011 年東北地方太平洋沖地震の解析では、データの周波数帯域、構造モデルや解析手法などの違いによって震源断層面での滑り分布が異なることが示されている。これはデータ処理や計算手法によるモデル解像度の違いに加え、高周波地震動を放射する場所、滑り量の大きな場所、津波を生成する場所が、それぞれ異なるという震源過程の本質を示している可能性がある。こうした震源過程の複雑さは、強震動予測の高度化を目指す際の重要な課題となるので、この地震の震源過程の研究成果を、強震動予測の高度化に活用する研究の推進が求められる。

また、この地震において、人的被害軽減のため、より精度の高い津波の予測が極めて重要であることが改めて示された。本研究で、沖合津波計データの有効性と、リアルタイム観測データの逐次解析による高精度津波予測の可能性が再確認された。今後は、津波予測精度の向上を進めて早期に実用化し、技術移転を図る必要がある。

近年進歩の目覚ましい超大規模コンピュータシミュレーション技術を利用することにより、短周期から長周期までの広帯域の強震動予測の実現にある程度めどが付きつつある。複雑な震源破壊過程の理解と表層地盤を含む詳細な地下構造モデルの高度化を図り、シミュレーションの更なる精度の向上と、リアルタイム津波予測を目指した観測－計算融合研究の一層の努力が必要である。

### (3-3) 火山噴火過程

#### あ. 目的

「火山噴火過程」については、火山噴火の爆発性を支配する要因を理解するため、火山浅部でのマグマの上昇と火山爆発現象のモデル化を行うことを目指す。そのために、繰り返し発生する噴火を対象として集中的な地球物理・物質科学的観測を行い、火道浅部におけるマグマの上昇・移動に伴う諸現象と噴火現象を高時空間分解能で定量化することにより、先行現象と噴火現象の関係を明らかにする。また、マグマ上昇と爆発現象のモデルと実際の観測データとを比較し、発泡・脱ガス過程などに伴うマグマの物性変化との関連性を明らかにし、噴火の推移を支配する物理・化学的要因を理解する。また、新たに噴火した火山において、地球物理学・地球化学・物質科学的観測を実施する。噴火推移を予測するため、噴火シナリオの高度化を目指した研究を行う。

#### い. 実施状況

## ア. 噴火機構の解明とモデル化

大学は、ブルカノ式噴火が頻発する桜島、諏訪之瀬島、スメル火山（インドネシア）を対象にして地震、測地、電磁気及び地球化学などの観測を行った。これらの多項目の観測データを解析し、噴火に先行するマグマ上昇過程や火山ガス活動の時間的変化、爆発的噴火やガス噴出の機構を明らかにするとともに、噴火規模と先行現象の関係を調べた。また、2004年浅間山噴火の際の広帯域地震観測データを解析し、噴火の際に発生する長周期振動の励起過程のモデル化に成功した。2011年1月に噴火した霧島山（新燃岳）においては、地震、地殻変動、重力、電磁気、火山ガス等の多項目観測を行い、噴火機構の解明と噴火推移予測を目指した研究を推進した。そのほか、水蒸気噴火とそれに伴って発生する爆風現象や山体崩壊についての理解を深めるため、1888年磐梯山噴火の再調査を行った。

防災科学技術研究所は、岩脈状のマグマの貫入や火道内のマグマの発泡などのマグマの挙動を理解するため、マグマ移動シミュレーションの手法開発を行った。

気象庁は、口永良部島、富士山においてGPS観測を継続し変動の把握を行った。

## イ. 噴火の推移と多様性の把握

大学は、噴火後の火山流体の移動を把握するため、2000年に噴火した有珠山において空中磁気測量を行った。また、貫入マグマによる圧力源、水蒸気爆発の発生源を明らかにするため、水準測量、重力測量、SAR干渉解析を行うとともに、温泉井のデータなどを基に浅部火山構造を調べた。

産業技術総合研究所は、火山ガスの起源や、ガス成分変動の原因を研究する目的で、火山ガスを連続測定するシステムを開発し、浅間山、雌阿寒岳、口永良部島、阿蘇山に設置して観測した。また、火山ガス組成の変化と地殻変動の関係についても調査した。

大学、産業技術総合研究所、気象庁、防災科学技術研究所は、伊豆大島、三宅島、伊豆東部火山群、シナブン火山（インドネシア）の噴火シナリオを作成するとともに、その事象分岐の確率推定の方法について検討した。

## う. 成果

### ア. 噴火機構の解明とモデル化

小規模なブルカノ式噴火や火山灰噴出を頻繁に引き起こす諏訪之瀬島で、マグマ上昇過程と噴火現象の関連性の解明を目指し、火口近傍で傾斜、地震、GPSの観測を行った。その結果、小爆発の約1分前に、火山灰噴出に伴う微動が停止し、同時に山体膨張し始めることを明らかにした。このような噴火前に起こる現象を捉えることにより、噴火発生の直前予測が可能になることが分かった。

浅間山では、火口近傍に設置した多数の広帯域地震計で記録された長周期パルス（VLP）の発生機構を解明した。VLPは火口直下の深さ100～200mにある割れ目の膨張収縮によって説明でき、VLP発生後にはSO<sub>2</sub>の濃度が増加することが観測された。また、宇宙線（ミュオン）による火道透視結果によると、VLPの発生源は低密度領域にあることが示された。これらのことから、VLPは深部からの火山ガスの流入によって割れ目が膨張し、それに続いて火山ガスが放出され収縮に転じる機構により発生していると考えられる。

噴火に伴う火山ガスの放出現象を明らかにするため、浅間山、桜島、諏訪之瀬島、霧島山（新燃岳）において噴火前のガス挙動を定量化した。噴火の発生直前にSO<sub>2</sub>の放出率が減少し、噴火後には増大することが明らかになった。

三宅島2000年噴火について、噴出物中の結晶中の包有物分析に基づき、脱ガス過程とマグマ供給モデルを構築した。口永良部島、吾妻山において、火山ガス組成の繰り返し観測を実施し、地下の熱水系の長期的な高温化の傾向を把握した。

ガス噴出が短時間で繰り返し発生するスメル火山で、地震及び傾斜観測を実施し、その

活動の概要を解明した。それぞれのガス噴出の20～30秒前から山体膨張が始まり、膨張量が大きいほど噴火に伴う地震の規模が大きくなる。一方、ブルカノ式噴火を繰り返していた2007年には、噴火の200～300秒前に山体膨張が加速的に進行し、その膨張量が大きいほど爆発規模が大きいたことが明らかになった。これらの観測事実は、噴火前の山体膨張の大きさや時間発展から、噴火の様式や規模が予測できる可能性を示している。

個別要素法を用いて、三次元応力下でのマグマ移動シミュレーションを実施した。気体粒子の属性を組み込み、その拡散と浸透流による移動を考慮し、静的・動的な応力による効果を見積もった。また、従来別々に計算しなければならなかった溶岩流と火砕流のシミュレーションに対し、同時計算できるシステムの実用化にめどをつけた。

空振と地震の記録の相互相関をとることにより、通常検出が困難な微噴火活動を正確に捉えられることが分かった。また、桜島や諏訪之瀬島では、映像記録や地震記録の解析から爆発的噴火発生約1秒前に火口底が隆起し、それにより空気振動が励起されることを見出した。

#### イ. 噴火の推移と多様性の把握

有珠山において水蒸気爆発とマグマ水蒸気爆発の発生条件を明らかにするために、水蒸気爆発からマグマ水蒸気爆発に推移した1943～1945年の噴火活動について考察した。既存資料や温泉井のデータから推定されている帯水層と不透水層の深度と噴火推移を比較したところ、深部から上昇してきたマグマが深さ120 m以浅の帯水層を通過する際に水蒸気爆発が発生し、その後、深さ50 m以浅の不透水層である溶結凝灰岩層に達した頃からマグマ水蒸気爆発が発生したと推察できた。2000年噴火域である新山周辺で、空中磁気測量、地上全磁力観測、地殻変動観測（水準測量、精密重力測量、SAR干渉解析）を行い、貫入マグマによる帯磁源や圧力源の位置を求めた。その結果、マグマは有珠山西麓のNB火口付近の深さ400～500 mまで貫入したと推定された。また、空中磁気繰り返し観測により火山浅部熱源の時空間分布が明らかとなった。

国内の代表的な活火山において過去の火山活動の推移や噴火履歴を精査し、噴火シナリオの事象分岐の確率推定の方法を検討した。例えば、2000年にカルデラ形成を伴う噴火を約2500年振りに引き起こした三宅島について、噴出年代と噴出量積算の階段図から、約2500年前に形成されたカルデラはその後約1300年間かけて火山噴出物で埋め立てられたことが明らかになった。このことから、今後発生する噴火は、噴出量が多いか、より短い時間間隔で発生する可能性が高いと推定できた。伊豆東部火山群について、1978年から約50回発生した群発地震と1989年の海底噴火時の観測事実から、噴火シナリオを作成し、おおよその事象分岐の確率を推定した。この成果は、静岡県伊豆東部火山群火山災害対策計画に活用されている。

#### え. 今後の展望

多様な火山噴火の予測を目指して、火道の状態やマグマが貫入する火道浅部構造の特性、上昇するマグマの物性と噴火様式や規模との関連性を系統的に理解し、それに基づいた噴火現象の普遍的なモデルを構築する必要がある。また、活動的火山における調査や観測により実際に起きているマグマ上昇や噴火現象を把握し、モデルとの対比を通じて観測データを理解することが重要である。このことを念頭に研究を推進し、現在の噴火過程の理解や予測手法の高度化が必要である。

現行計画により、規模の小さな爆発的噴火や火山ガス噴出においても火口近傍に傾斜計、ひずみ計や広帯域地震計を適切に設置すれば噴火直前に山体膨張が捉えられること、火山ガスのモニタリングによりブルカノ式噴火直前に火口からのSO<sub>2</sub>放出量が低下することなどが明らかになり、噴火直前の先行現象を、複数の異なる観測手法で高精度・高分解能で捉えら

れることが実証できた。さらに、幾つかの火山では、噴火に先行する山体膨張の速度と噴火規模との関係も明らかになった。これらの観測事実は、特定の噴火様式ではあるが、爆発的噴火の発生時期と規模の直前予測が実現できる可能性を示しており、今後も観測事例を増やし、より広範囲に噴火規模や様式との関係を明らかにすることが重要である。また、噴火時の火山ガスの定量的な観測の高度化を目指し、噴火様式を支配する揮発性物質の挙動、マグマの貫入や火道内上昇過程の多様な現象についての理解を深める必要がある。

また、まだ少ない事例ではあるが、火山浅部の地下水環境が、水蒸気爆発からマグマ水蒸気爆発への変化など、噴火様式の推移に大きく関与している可能性が示された。これは、噴火予測にはマグマ上昇経路を取り巻く地下水環境の把握も不可欠であることを示唆している。今後、多くの活動的火山において帯水層や不透水層などの空間分布や熱水系の時空間変化などの火山体浅部構造を、掘削探査、地震や電磁気学的探査、測地学的な観測等により把握し、異なる地下水環境の下で噴火様式や推移の多様性を明らかにする必要がある。

現実の噴火の発生頻度を考えると、限られた観測データからモデルを普遍化するには限界がある。そのため、過去の噴火事例から多様な噴火事象を系統的に整理し、火山学的知見に基づき噴火の推移を支配する物理・化学過程を理解することや、多数の火山における噴火現象の比較から普遍的な噴火モデルの構築を目指すことが重要であろう。また、数値シミュレーションによるマグマ貫入や噴火現象の再現は、多様な噴火現象を理解する上で有効であり、今後力を入れるべき研究の方向である。

#### (4) 地震発生・火山噴火素過程

##### あ. 目的

地球構成物質の変形・破壊の特性を、広い条件範囲にわたって実験的に明らかにする。地下深部の岩石の変形・破壊特性を推定するために、地震波速度や比抵抗などの地球物理学的観測による推定が可能な物理量と変形・破壊特性との定量的関係を室内実験により解明する。地震発生モデルで利用するために、変形・破壊の物理・化学的素過程を理解して、実験結果の実験条件範囲外での適用可能性について検討する。様々な規模の地震破壊を至近距離で観察できる鉱山の誘発地震などを用いて、変形・破壊現象の規模依存性を明らかにするための実験・観測研究を行う。さらに、火山噴火においては、変形・破壊以外に、マグマの性質と挙動を理解することが不可欠であるので、噴出物の分析・解析や室内実験を行うとともに、それらの結果を考慮した噴火過程の検討を行う。

##### い. 実施状況

###### ア. 岩石の変形・破壊の物理的・化学的素過程

大学、防災科学技術研究所及び産業技術総合研究所は、地殻から上部マントルでの温度・圧力などの環境下において、幅広い変形速度などの条件における岩石及びマグマの破壊・変形特性を明らかにするために室内実験を行った。その物理的・化学的素過程を物性理論により理解するために、摩擦溶融の影響や粉体などの挙動も考慮して、数値実験、試料の分析を行った。

大学及び産業技術総合研究所は、岩石の変形に伴う微小破壊活動や化学反応、物性、岩石組織の変化などについての室内実験及び試験観測を行った。また、地学現象における種々の物理・化学過程を理論的に明らかにする研究を進めた。

###### イ. 地殻・上部マントルの物性の環境依存性

大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構及び産業技術総合研究所は、弾性波速度・減衰、透水性等の温度・圧力・構成鉱物・内部構造・含有流体依存性を定量的に明らかにするために理論・実験的研究を進めた。

#### ウ. 摩擦・破壊現象の規模依存性

大学は、岩石破壊過程の規模依存性について理解を得るために、鉱山の採掘で誘発される地震やそれに伴うひずみ変化を震源の至近距離で観測し、岩石の巨視的破壊に伴う応力変化や微小破壊活動についての室内実験の結果と比較した。

#### エ. マグマの分化・発泡・脱ガス過程

地球物理学的観測量からマグマの性質と挙動を推定するため、以下の研究を実施した。大学は、繰り返し噴火を行う開口型火道内のマグマ上昇過程のモデル化と数値計算を行い、火口近傍での地殻変動との対応関係を調べた。また大学は、火道内や亀裂（きれつ）内の流体移動から生じた地震波動場の解析・解釈のための固体と液体の相互作用を考慮した数値計算、及び噴火に伴う空振の発生メカニズムを理解するための室内実験を行った。

噴火の推移や多様性の支配要因として、マグマの発泡・脱ガスと流動一脆性（ぜいせい）破壊の遷移が考えられているが、その素過程を理解するため、大学は、発泡したマグマのせん断変形実験、噴火前のマグマ中に溶け込んでいる揮発性成分の量を推定する新しい分析方法の開発及び流体の破壊に関する理論的研究を行った。また大学は、噴火様式の多様性は、マグマの過飽和度の空間不均質にあるという新しい考え方を検証するため、噴出物の構造解析と室内モデル実験を行った。

#### ウ. 成果

##### ア. 岩石の変形・破壊の物理的・化学的素過程

南海トラフの深さ約 270 m の掘削で得られた粘土質断層試料、アラスカのコーディアック島のメランジ（海洋と陸域の多様な種類や起源の細粒岩石からなる混合構造をもった地質体）で採取した付加体泥岩、多数のガラスビーズからなる模擬ガウジ層などを用いて幅広い速度範囲で摩擦実験を行った。摩擦の滑り速度依存性、粒径や組成などが摩擦特性に及ぼす影響の速度依存性、垂直応力とガウジ層の膨張の関係、摩擦発熱の摩擦強度への寄与、摩擦溶融時における垂直応力変動が摩擦強度に及ぼす影響など詳細な摩擦特性が明らかになった。

断層面を透過した弾性波により時々刻々変化する摩擦面の固着状態を定量的にモニターする室内実験により、载荷せん断応力がピーク値に達するより前に物理的な固着の剥がれはほぼ完了することが分かった。透過した弾性波によるモニターは、ガウジ層を挟む模擬断層を使った研究に発展し、ガウジ層の応力場評価に関する理解が深まった。

地震サイクルのシミュレーションなどに用いられている従来の摩擦則には、どのようなタイプの実験にも共通する系統的なずれがあったが、室内実験データの詳細な検討によりこのずれを解消した新たな摩擦則が提案された。

##### イ. 地殻・上部マントルの物性の環境依存性

高温型蛇紋岩の弾性波速度を、地震発生場と同様の高温・高圧条件で計測した。トモグラフィで求められた沈み込み帯などにおける低い弾性波速度は、高温型蛇紋岩自体の弾性波速度だけでは説明できず、間隙水が存在していることが必要であるとの結論を得た。

上部マントルにある岩石のアナログ物質として有機物多結晶体を用いて、地震波の速度と減衰に対する周波数、温度、粒径、流体（メルト）依存性等を明らかにし、また、多結晶体の非弾性特性は物質によらない普遍性があることを示した。

地殻内の流体からの鉱物析出に関するシミュレーションを行い、断層内で流れを妨げるシールが形成される深度を求めた。

##### ウ. 摩擦・破壊現象の規模依存性

室内実験と自然地震は規模が数桁異なっており、両者の間にスケール則が成り立つかを検討するため、南アフリカ大深度鉱山において断層直近での地震観測を行った。観測

できたAEの最小震源サイズは約15 mmである。このように小さなAEを野外観測で捉えたのは世界初である。また、長さ100 mに及ぶM2.2の地震の断層面の向きが、室内実験で見いだされた破壊則で説明できることを明らかにした。

数値シミュレーションにより、高速でせん断速度を変化させた時の摩擦抵抗の変化は、低速で変化させた時に見られるような特徴的滑り距離ではなく、特徴的時間で規定されることを示した。このことは、自然地震で推定される臨界滑り量が、地震の規模とともに大きくなることを説明できる可能性がある。

## エ. マグマの分化・発泡・脱ガス過程

マグマや火山ガスの挙動を、地震・地殻変動・空振等の地球物理学的な観測データに結び付けるモデルの開発とその高度化を行った。モデルに基づいた数値計算の結果、地殻変動の時間変化と空間変化に対する火道内のマグマの流動様式や地形の影響が明らかになった。また、亀裂(きれつ)内や火道内での流体振動による弾性波放射についても、形状、火道壁や地表面との相互作用、流体の粘性が重要な影響を持つことが分かった。一方、室内モデル実験では、2011年1月に始まった霧島山(新燃岳)の噴火で発生した調和振動型の地震・空振の特徴を再現し、この地震・空振が、火口を満たした溶岩を通して火山ガスが抜けるときに発生した可能性を指摘した。

噴火の多様性を支配する要因についても、理解が進んだ。流動するマグマが脆性(ぜいせい)的に破碎する遷移現象は、爆発的噴火の重要な素過程である。固体力学の枠組みで定式化されていた脆性(ぜいせい)破壊を流体力学に拡張した。その結果、限られた条件で行われる噴火モデル実験の結果を爆発的噴火の数理モデルに反映させる道筋ができた。また、マグマの流動変形と脆性(ぜいせい)破壊によって、ガスの抜けやすさが変化することも噴火の爆発性を支配する素過程として注目されている。発泡マグマのせん断変形を高温高圧下で実際に観察する実験を世界で初めて実現し、流動による気泡連結や固体的な破壊が脱ガスを促進することを実証した。一方、過去の大噴火について、噴火様式の遷移と噴出物の変化の対応関係を調べ、噴火様式の遷移が、マグマだまりにおける揮発性成分の過飽和度の不均質の有無にあるという、新しい仮説を提案した。この仮説を検証するため、火山の模擬システムである間欠泉実験を行った。その結果、熱水だまりの過飽和度の均質性を決める加熱速度によって、噴出様式や噴出量が系統的に変化することが明らかになった。また、実際の噴火に対して過飽和度の不均質性を評価するためには、多数の噴出物試料について元の揮発成分量を計測する必要があるが、そのための新しい分析手法を開発した。

## え. 今後の展望

地震の素過程研究の成果により、広範囲の条件下での摩擦特性が明らかになってきた。また、断層面の弾性波透過率の計測などにより、これまで概念的にしか理解されていなかった断層の固着度に対して物理的解釈を与えられるようになりつつある。近年、構造探査などで詳細に分かってきている弾性波速度構造についても、高温・高圧条件下での岩石物性の測定値を用いて物質科学的な解釈を与えられるようになってきた。弾性波速度や減衰の周波数、温度等の依存性を推定するアナログ物質を使った実験も興味深い成果を上げている。適切なアナログ物質を使えば、岩石では大掛かりな装置が必要になる温度や圧力などの条件下でのレオロジーを、比較的簡便な装置で測定することができる。天然の断層は、室内実験で用いられる人工断層面とは異なる不均質を持つので、天然の断層における摩擦構成則を直接明らかにするために、南アフリカ鉱山での地震観測が有効である。

今後の課題としては、更に広範囲の条件下でのデータの取得と、物性の基礎的理解の深化により、天然の条件への適用の妥当性を適切に判断していくことが挙げられる。また、2011年



東北地方太平洋沖地震の解析から、プレート境界浅部の強い固着域の存在が示唆されているが、そのような固着域が生成されるメカニズムについて、実験的・理論的研究を進めるべきであろう。さらに、素過程研究を地震発生予測につなげるためには、摩擦構成則に関連する研究は地震発生予測システム研究との連携、媒質の物性や破壊現象に関連する研究については先行過程研究との連携をそれぞれ推進する必要がある。

火山噴火素過程研究では、マグマ蓄積・上昇過程における物理・化学現象の理解と、噴火推移や様式の多様性を支配する要因の理解を目指している。これらの基礎研究の成果を火山活動の予測へ活用するため、自然現象の理解に基づくモデルの構築だけでなく、モデルと観測データの関連付けを行うことが重要である。火道浅部での揮発成分の発泡や破碎、物質変化、流動等の噴火の支配要因が、現在進行中の噴火活動に対してどのように作用しているかを観測から明らかにすれば、火山活動の推移を支配する機構の解明につながり、噴火推移の予測の実現に近づく。現在活動的な桜島や霧島山で見られる諸現象に焦点を当てて、研究を進めることが有効である。

### 3. 新たな観測技術の開発

#### あ. 目的

日本列島周辺の海域では多くのプレート境界地震が発生し、活動的な火山島なども存在するため、海底地殻変動などの各種観測データを安定して取得するための技術開発が重要である。海底地殻変動観測技術及び地震観測技術の高度化と、海底諸観測のデータを実時間で利用できるシステムの開発を行う。

宇宙技術などの利用の高度化については、GPSや衛星搭載合成開口レーダー（SAR）などの解析技術の高度化を図る。地震や火山活動をより高い精度で面的に把握する人工衛星や航空機を用いたリモートセンシング手法の実現を目指す。

種々の地殻・火山活動現象のモニタリングのために、地下の状態をモニタリングする技術、センサー技術、観測ネットワーク技術、精密制御弾性波震源、宇宙線等を用いた技術の高度化を図る。山間地・離島・火山近傍等の電源・通信が不便な場所において、効率的にデータを取得するためのセンサー技術やネットワーク技術の高度化を図る。また、気象擾乱（じょうらん）や人工的な雑音から離れ、高品質のデータを取得するため、大深度ボアホールにおける計測技術の開発を行う。

#### い. 実施状況

##### (1) 海底における観測技術の開発と高度化

###### ア. 海底地殻変動観測技術

大学は、GPS－音響測距結合方式による海底地殻変動観測（GPS/A）の高精度化を目指して、水中音速構造の影響を軽減するための新しい解析アルゴリズムの開発や、海底局の最適配置、海中音速の実測に基づく補正方法などを検討した。また、将来の海底地殻変動連続観測に向けて係留ブイによるシステムを新たに開発し、従来の曳航（えいこう）ブイ観測と比較した。また、海底圧力計による上下変動連続観測手法の開発を進めた。主なノイズ源である海洋変動の影響を除くため、海洋変動数値予測モデルを構築した。さらに、次世代型の広帯域海底地震計を用いて傾斜変動を検出する試験を行った。海底における音響測距観測を実施し、変動検出限界を調べた。

海上保安庁は、GPS/Aの測線の最適化や効率的なデータ取得のために、音響送受波器を測量船の船底に設置した。また、海底基準点を更新した。

###### イ. 海底地震観測技術

大学は、地震動と水圧変化を同時に観測できる広帯域海底地震計を開発した。また、底層流によるノイズを低減するため、センサー部をデータ収録部から分離して海底に埋設する次世代型の広帯域海底地震計を開発した。

#### ウ. 海底実時間観測システム

海洋研究開発機構は、熊野灘（三重県）における地震・津波観測監視システム（DONET）の開発を進め、観測機器の作製及び試験を実施した。

大学は、センサー部を小型容器に収納した低価格な次世代ケーブル式海底観測システムを開発し、粟島（新潟県）の近海に設置した。

### (2) 宇宙技術等の利用の高度化

#### ア. 宇宙測地技術

国土地理院は、数値気象モデルを用いて大気荷重効果や水蒸気による大気伝搬遅延量を推定し、GPS観測及びSAR干渉解析の高精度化の手法を開発した。また、GPS観測ではマルチパスによる誤差を補正する手法を開発した。さらに、気象庁は1日以内の準リアルタイムに大気伝播（でんぱ）遅延補正を可能にする手法を開発した。

大学は、1秒サンプリングのGPS観測データを用いて、即時的に変位を推定するリアルタイムキネマティック解析手法の高度化を進めた。また、それを用いて地震時の変位を検出する手法を開発し、2008年岩手・宮城内陸地震に適用した。

大学などは、通常のSAR干渉解析が適用できないような大変形について、ピクセルオフセット解析法により地殻変動を求めた。また、SAR干渉解析を併用して断層モデルを推定する手法を開発した。

防災科学技術研究所などは、干渉画像を従来の約5倍まで拡張できる新たな干渉解析技術を開発した。防災科学技術研究所は、SAR干渉解析を使った火山性地殻変動の時間変化検出手法を開発した。

#### イ. リモートセンシング技術

大学は、噴火活動中の火山の火口近傍に、小型無人ヘリコプターを用いて、設置回収可能な地震計などの観測システムを開発した。また、衛星を用いたリアルタイム赤外画像観測システムを開発した。

防災科学技術研究所は、航空機による赤外多波長観測データの解析手法を開発した。

気象庁は、気象レーダーのデータを用いた噴煙の解析を行い、噴煙高度などを詳細に把握できることを明らかにした。また、火山灰の移流拡散モデルの改良を進め、降灰及び火山灰拡散予測手法を高度化した。

### (3) 観測技術の継続的高度化

#### ア. 地下状態モニタリング技術

大学は、宇宙線（ミューオン）粒子による火山体内部の観測を開始した。低消費電力化を進めるとともに通信機能も加えて火山体に設置できる可搬型システムを構築した。

防災科学技術研究所は、GPSデータのリアルタイム処理を目指して、準リアルタイムで大気遅延補正を推定するシステムを開発した。

大学及び気象庁は、東海地域の3か所のアクロス震源からの信号の解析を継続して進めた。また、低周波帯域の信号を効率的に送信できる直線加振装置の実験を行った。

#### イ. 地震活動や噴火活動の活発な地域における観測技術

大学は、高精度で可搬性に優れた小型絶対重力計を開発し、市販の絶対重力計との並行観測により、性能評価を行った。また、携帯電話を用いて、地震計、GPS、傾斜計等の観測データの伝送システムを開発した。VSAT衛星通信を用いた地震観測用の低消費電力テレメータシステムの開発を行った。

国土地理院は、機動型GPS火山変動リモート観測装置の電源部と通信システムを改良した。新しい通信システムでは、GPS以外のデータも伝送できるようになった。

#### ウ. 大深度ボアホール計測技術

大学は、レーザー干渉型広帯域地震計や傾斜計の開発を行った。また、3 km以深にも適用できる地殻応力測定手法を考案し、試験観測に成功した。ボアホールにおける間隙水圧の連続観測を継続し、大気圧応答、理論地球潮汐（ちょうせき）や地震波に対する応答を詳しく解析した。

防災科学技術研究所は、地下深部の高温環境下で安定動作する地震計、傾斜計、強震計の開発と試験観測を進めた。

### う. 成果

#### (1) 海底における観測技術の開発と高度化

##### ア. 海底地殻変動観測技術

海底地殻変動観測において、海洋変動の数値シミュレーションに基づく水中音速の補正や、海底局の配置、音響送受波器の取付方法などの改良が精度の向上に有用であることを示した。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による海底地殻変動を計測するため、7観測点で緊急観測を行い、最大31 mにも及ぶ変位を捉え、陸上観測からは明瞭に捉えられなかった海溝付近におけるプレート境界の滑りが極めて大きかったという重要な事実を決定的にした。

##### イ. 海底地震観測技術

2008年茨城県沖の地震（M7.0）の震源域の直上で、加速度計を加えた多数の海底地震計により、前震一本震一余震に至る一連の活動を広帯域で観測することに成功した。また、広帯域海底地震計に搭載した高精度水圧計により、2010年2月27日のチリ地震（Mw8.8）の津波波形を捉えた。

##### ウ. 海底実時間観測システム

地震・津波観測監視システム（DONET）を実用化し、本格的な運用を開始した。次世代ケーブル式海底観測システムを開発して栗島の近海に展開し、データを準リアルタイムで転送できることを確認した。

#### (2) 宇宙技術等の利用の高度化

##### ア. 宇宙測地技術

GPS時系列データから地震時の変位を自動的に検出する手法を、2008年岩手・宮城内陸地震や2011年東北地方太平洋沖地震に適用した結果、一定の精度で震源断層モデルが即時的に推定できることが分かった。特に2011年東北地方太平洋沖地震の場合には、地震発生から約4分間のデータで地震の規模を確定値（M9.0）に近いM8.7と推定できたことから、津波警報システムなどへの応用のめどが立った。

ピクセルオフセット解析や干渉SAR時系列解析、GPSと干渉SARとの統合解析により、2008年四川地震、2008年岩手・宮城内陸地震、2011年東北地方太平洋沖地震、三宅島等の多くの大地震による広域な地殻変動や火山性地殻変動を捉えた。また、ScanSARデータの干渉解析が試みられ、2010年チリ地震などでは広範囲の地殻変動の抽出に成功した。

##### イ. リモートセンシング技術

桜島南岳火口周辺や新燃岳などの火山噴火活動中の立ち入り制限地域において、計測器の設置や回収に産業用小型無人ヘリコプターが有用であることを示した。また、衛星や航空機による赤外画像により熱異常や噴煙、火山ガス濃度の時空間分布の観測が可能になり、火山活動の評価に役立つことが分かった。

火山灰の移流拡散モデルを利用して、桜島や新燃岳、2009年の浅間山の噴火について降灰

予報を発表した。また、東アジア及び北西太平洋地域について航空路火山灰情報を発表した。

### (3) 観測技術の継続的高度化

#### ア. 地下状態モニタリング技術

幾つかの火山において宇宙線（ミュオン）を利用した観測によって火道形状が推定され、絶対重力連続観測などとの並行観測が火山のモニタリングに有用であることが示された。

マントル起源の揮発性物質であるヘリウムガスの浸出量を、四国地方の中央構造線やアナトリア断層（トルコ）において調査した結果、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ が断層上で高いことが分かった。

#### イ. 地震活動や噴火活動の活発な地域における観測技術

現行計画で開発された小型絶対重力計において、約 $2\mu\text{gal}$ の再現性が得られた。携帯電話や衛星テレメータシステムを使った観測ネットワーク技術の実用性を確認することができた。

#### ウ. 大深度ボアホール計測技術

開発されたレーザー干渉型広帯域地震計を既存の広帯域地震計（STS-1型）と比較した結果、二つの地震計は $0.004\text{ Hz}$ 以上の周波数帯域で同等の性能を有することが分かった。

#### エ. 今後の展望

海底地殻変動観測技術では、GPS/Aによる繰り返し観測は既に実用化されているが、測位精度や時空間分解能の向上が急務である。測位精度向上のためには、キネマティックGPS解析の精度向上や水中音波速度構造の時空間変動の推定に基づく補正方法の高精度化が重要である。また、時空間分解能の向上のためには、海底基準局を高密度に展開するとともに高頻度で観測する必要がある。多数の専用調査船の配備が必要であると同時に、各機関の観測システムの互換性を持たせる体制を確立する必要がある。また、海溝近傍での観測のためには、大深度でも使用可能な海底基準局の開発も重要である。一方でGPS/Aの連続観測システムの開発も重要であり、引き続き推進する。

自己浮上式海底地震計などのオフライン海底観測システムについては、広帯域地震計による周波数帯域の拡大、加速度計による大振幅地動の記録、地震計センサーの埋設によるノイズ低減などの観測のダイナミックレンジ拡大が行われたが、今後は、海底精密圧力計や傾斜計などの測器を用いた海底地殻変動観測が重要である。海底精密圧力計による津波観測や海底上下変動観測については、成果が現れ始めているが、今後は長期ドリフトの影響を取り除き、より長い周期での精度の向上が必要である。観測期間については、現在1年以上の連続観測が可能となっているが、より長期の連続観測が可能となるような技術開発も必要である。また、東北地方太平洋沖地震の発生で明らかになったように、海溝軸付近の地殻変動を把握することが必要である。現在のオフライン海底観測システムの多くは、海溝域などの大深度での観測が難しい。今後は、水深 $10,000\text{ m}$ まで観測が行える深海型の観測システムが重要である。海底実時間観測システムは、近年多点で多項目の観測が可能となってきているが、今後は多様な観測センサーを搭載可能で、空間的に高密度な観測が可能なシステムを開発すべきである。そのためには、システムのコストの問題を解決するとともに、システムの展開及び回収が容易に行えるシステムの開発が期待される。

GPSやSARなどのマイクロ波に基づく宇宙測地技術においては、大気中の水蒸気による伝播（でんぱ）遅延による誤差を低減する必要がある。数値気象モデルに基づく補正法などの高度化が引き続き望まれる。GPSのリアルタイム解析に基づく震源断層モデルの即時的推定については、津波予測システムへの応用に向けた研究を推進する。SARにおいては数百 $\text{km}$ の空間スケールにおける経年的な地殻変動やその時間変化などを捉える解析手法の高度化が望まれる。また、電離圏遅延がSAR干渉画像に及ぼす影響の調査を進める必要がある。

我が国の陸域観測技術衛星ALOSは、国内外の多くの地震や火山活動に伴う地殻変動現象を捉え、重要な貢献をしてきた。しかし、現在は運用期間を終えており、次の陸域観測技術衛星の早急な

運用開始が待たれる。それが開始された暁には、引き続き同様の解析を継続するとともに、更なる高精度化に向けて研究を継続できるように準備しておく必要がある。

能動的精密制御震源を用いた研究については、長期間の運用などについて実績を積んでいるが、今後も解析手法の高度化などを通じて有用な情報の抽出に努めるとともに、火山観測技術への応用が望まれる。

宇宙線（ミュオン）を利用した地下構造探査については、地震波トモグラフィーなどとの比較により信頼性の評価を行うとともに、時間変化の把握も目指して観測及び解析手法の開発を進めることが重要である。

開発が進められている小型絶対重力計については、既存の絶対重力計と同等の高い精度を有することが確認され、今後は実用化に向けた取組が求められる。

レーザー技術を応用した広帯域地震計や傾斜計については、高精度で高い長期安定性を目指した取組が重要である。また、大深度ボアホールや火山地域での応用を実現するため、高温下でも高い信頼性を有する計測手法の確立が引き続き重要である。

新燃岳噴火に際しては、SAR データ解析などによる火口内の溶岩蓄積過程や、気象レーダーを用いた噴煙の検知、無人ヘリを用いた観測装置の設置や回収など、現行計画による新たな技術開発が結実した。今後は、より詳細な火山活動状態を把握するためのセンサーやモニタリング技術などの高度化に加え、危険地帯における安全な観測方法とネットワーク技術の確立を目指すべきである。

#### 4. 計画推進のための体制の強化

##### 4. 1. 実施状況及び成果

###### (1) 計画を推進する体制の強化

###### (観測研究計画推進委員会の充実及び関係機関の役割の明確化)

地震・火山現象を理解し、予測するためには、継続的に高精度の観測データを取得し、観測研究に活用する必要がある。国は、地震防災・減災に資するため、全国に測地観測網と高感度地震観測網を整備した。そのうち、国土地理院はGPS観測網を、防災科学技術研究所は高感度地震観測網を管理し、両機関はそれぞれの観測網を安定的に運用するとともに、観測の高精度化に努め、観測データの保管・公開をしている。海上保安庁は、海底地殻変動、潮位等の観測を実施し、目視調査及び航空磁気測量などによる海域火山の監視、海域火山基礎情報図整備のための調査を実施した。海洋研究開発機構は、既存のケーブル式海底観測網の維持を行うとともに、熊野沖に海底観測網を整備した。気象庁は、地震及び火山の観測データを処理し、防災情報の発表に利用するとともに研究者に提供した。大学は、既設の地震及び火山観測網の維持に努めた。このような役割分担を明確にした継続的な観測により、現行計画は推進された。

これまで別々に進められてきた地震予知のための研究計画と火山噴火予知計画を、平成21年度に統合して「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」とした。これに伴い、科学技術・学術審議会測地学分科会にあった地震部会と火山部会を統合して地震火山部会とした。地震火山部会の下に観測研究計画推進委員会を設置し、現行計画の進捗状況を把握し、研究成果の取りまとめを毎年度行っている。東京大学地震研究所に設置されている地震・火山噴火予知研究協議会（以下、「予知協議会」）の企画部は、大学のみならず関係機関を含めた現行計画の研究成果報告会の開催や、研究成果の取りまとめ作業などを行うことにより、観測研究計画推進委員会の活動に大きく貢献している。

地震予知連絡会は、地震・地殻変動のモニタリング結果の情報交換を行い、関係各機関の情報の共有を行っている。注目すべき地震や地震予知研究に重要な問題などを「重点検討課題」

とし、集中的な検討を行うように審議方法が変更された。

#### (地震調査研究推進本部が策定する新しい総合的かつ基本的な施策への反映)

地震調査研究推進本部（以下、「地震本部」）の新総合基本施策では、現行計画を「研究者の自由な発想に基づいた議論の上で策定された学術的な観測研究計画」と位置付け、地震本部が策定する調査研究は「地震防災・減災の実現に資するために国として行う戦略的な計画であり、建議に基づく基礎的研究（現行計画）の成果を取り入れて推進すべきである」としている。また、現行計画の観測研究は研究者の自由な発想に基づいた研究計画であるのに対して、地震本部が策定する調査研究は国として行うトップダウン研究であるとしている。このように、現行計画と地震本部が策定する調査研究は、基礎研究と実用化研究の関係にあり、両者が両輪となって我が国の地震防災・減災に貢献するものである。

地震本部は現行計画の成果を活用して「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究」、「緊急津波速報に係るシステム開発」、「日本海溝地震津波観測網の整備」、「海底 GPS 観測技術開発」、「ひずみ集中帯」、「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」等の研究を実施している。このように現行計画の成果は、地震本部の施策に着実に反映されている。

#### (火山観測網の整備と火山観測研究の充実、火山噴火予知連絡会の機能強化)

我が国の火山防災・減災のため、火山噴火予知連絡会は全国の火山の活動評価を定期的に行うとともに、火山観測施設の長期的な整備計画の立案も行っている。火山噴火予知連絡会に設置された「火山活動評価検討会」では、火山活動の監視を強化すべき火山として全国の 47 火山を選定した。気象庁は、平成 21 年度補正予算などにより、47 火山にボアホール地震計・傾斜計、及び GPS、空振計、遠望観測装置等の火山観測施設を整備し、監視体制を強化した。また、平成 21～22 年度に火山監視・情報センターのシステムを強化した。

また、火山噴火予知連絡会に設置された「火山観測体制等に関する検討会」では、平成 20 年に科学技術・学術審議会測地学分科会火山部会で取りまとめた「今後の大学等における火山観測研究の当面の進め方」に基づき、大学及び関係機関の役割を具体的に整理し、その役割分担を明確にした。気象庁は火山活動の監視と防災情報の発表、大学及び研究機関は火山噴火予知研究を推進することを目的として、相互のデータを共有することとした。また、各機関が協力して観測網を維持・強化することにより、全国の火山観測体制を強化し、火山防災の強化と火山研究の推進を行うこととした。この方針に沿い、防災科学技術研究所は、有珠山、岩手山、浅間山、阿蘇山、霧島山、草津白根山の活動的な 6 火山に基盤的火山観測施設を整備し、火山活動の監視と火山噴火予知研究のためにデータ流通を行った。

火山噴火予知連絡会は「コア解析グループ」を設置し、気象庁の観測点設置の際に得た掘削コアの解析を行い、火山噴火予測と火山防災・減災に必要な噴火履歴の解明研究を推進した。2011 年霧島山（新燃岳）噴火時には総合観測班を設置し、関係機関が連携して観測体制を強化するよう調整に努めた。

#### (2) 基礎的な観測研究体制の強化

地震・火山現象を理解して予測の実現を目指すためには、広範で長期にわたる継続的かつ基礎的な観測研究が不可欠である。その主たる担い手である大学は、それぞれの特長を生かしながら研究成果を上げるだけでなく、単独の大学ではできない大規模な観測研究を協力・連携して実施する必要がある。しかしながら、国立大学の法人化によりこれまでに比べて大学間の協力・連携が取りにくい状況になってきた。そのため、平成 21 年度に「地震・火山科学の共同利用・研究拠点」と認定された東京大学地震研究所は、共同利用・共同研究拠点の主旨に沿って予知協議会を強化し、全国の大学が連携して現行計画を推進する体制を整えた。また、平成 22 年度に地震研究所の組織を改変し、2 研究センターと 3 サイエンスマネジメントセンターにより現行計画を推進するように体制を強化した。

京都大学防災研究所は、平成21年度に「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」と認定され、全国の大学や研究機関と連携を強化した自然災害及び防災に関する共同研究を推進している。この中で、地震及び火山研究に関する共同研究を推進している。

東北大学、東京大学、名古屋大学では、他分野と連携して地震防災研究を推進する取組が行われた。

### (3) 計画を推進するための予算的措置

大学及び関係機関は、現行計画を予定どおり進捗するため、運営費交付金などの財源の確保に努力し、研究に必要な観測網の整備及び維持や、研究の推進に努めてきた。また、火山砂防や各地域の火山防災に協力することにより、国土交通省や地方自治体などからも観測点整備や維持のために経費を確保することに努めた。

現行計画に関わる全国の大学の研究経費は、これまで各大学が個別に予算要求していたが、平成21年度より共同利用・共同研究拠点である東京大学地震研究所が一括して予算要求し、予知協議会の主導の下で東京大学地震研究所と各大学で共同研究契約を締結し、研究内容に従って各大学に経費を配分する仕組みに変革した。このような取組により、年度ごとに強化する研究分野や研究課題を計画的に調整し、現行計画の成果を最大限に上げられるように努力が払われている。

### (4) 人材確保、特に若手研究者の育成

現行計画の継続的な推進のためには、人材の確保と育成が極めて重要である。各大学は、若手人材の育成や確保のため、地震及び火山研究分野の学部学生、大学院生の教育に力を入れるとともに、大学院生の研究環境の問題について組織的な検討を始めた。予知協議会に「人材育成ワーキンググループ」を設置し、地震・火山分野の大学院生数の推移や、学位取得後の若手研究者（ポスドク）のキャリアパスを全国的な視点から検討した。大学院生や若手研究者を取り巻く状況の把握、制度の問題点、その解決の方策などについて報告書にまとめ、ホームページで公開した。

関係機関では、地震及び火山に関する専門知識が必要な職員の採用に当たり、選考採用制度を活用し、地震・火山分野の若手研究者の採用を進めた。各大学及び関係機関では、グローバルCOE制度、各省庁からの委託研究などの経費を用いて研究員を雇用し、若手研究者のポストの確保に努めた。さらに、各大学では、総長裁量の定員再配分制度などを積極的に利用し、人材の確保に努めている。

### (5) 国際共同研究・国際協力の推進

地震・火山現象に関する理解を深め、地震及び火山噴火予知研究を推進し、災害軽減に資するためには、国内外の地震・火山活動に関する国際共同観測・比較研究などの国際共同研究や国際協力が重要である。そのため大学及び関係機関では、外国の研究機関と地震及び火山に関する共同研究を実施するとともに、国際ワークショップなどを開催し、地震・火山に関する研究成果の交換、人材の交流、技術移転等を行った。

大学では、留学生や研修生を受け入れ、国際的な人材育成に貢献した。また、国際協力機構(JICA)と建築研究所が実施する国際地震学研修、JICAと砂防地滑りセンターが実施する火山砂防研修への講師の派遣や研修生の受け入れを行った。名古屋大学はJICAと協力して「地震・津波・火山観測システム」プログラムを実施し、開発途上国の研究者・技術者の研修を行った。大学及び関係機関の研究者が参画する地球規模課題対応国際共同研究「インドネシアにおける地震火山の防災策」や「フィリピン地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進」は、本研究との連携で推進されている。

防災科学技術研究所は、アジア及び太平洋における地震観測網を整備するとともに、エクアドルとの火山観測研究に関する国際協力を実施した。

海洋研究開発機構は、台湾気象庁やイタリア地球物理学・火山学研究所と海底ケーブル観測システムに関する国際協力を実施した。また、国際共同研究である統合国際深海掘削計画で、「南海

トラフ地震発生帯掘削計画」を実施した。

産業技術総合研究所は、環太平洋地域の地震及び火山噴火危険度の周知と被害軽減のため、平成23年度に第1回アジア太平洋大規模地震・火山噴火リスク対策ワークショップを日本で開催した。また、米国地質調査所、中国地質調査局、韓国地質資源研究所、ニュージーランド地質・核科学研究所、トルコ鉱物資源調査開発総局、台湾成功大学等と共同研究契約を締結し、国際共同研究を実施している。

気象庁は、国際地震センター、米国地質調査所、包括的核実験禁止条約機構、米国大学間地震学研究連合及び韓国と地震観測データの交換を継続した。さらに、北西太平洋津波情報センター及びインド洋津波監視情報関連の業務を引き続き行った。気象庁東京航空路火山灰情報センターは、担当地域（日本国内及び北西太平洋、カムチャッカ半島）の火山で噴火が発生した際に、航空路火山灰情報を諸外国に発表するなどの国際的な責務を果たしている。

国土地理院は、国際GNSS事業（IGS）に参加し、IGS観測局を運用してそのデータをIGSデータセンターへ提供し、プレート運動や地殻変動の高精度の観測に必要なGPS衛星の精密軌道の決定に貢献した。さらに、国際VLBI事業に参加し、VLBI国際共同観測を実施して地殻変動やプレート運動の基準となるITRF座標系の構築に貢献するとともに、次世代VLBI観測システム整備に向けた調査を実施した。アジア太平洋GIS基盤常置委員会の活動として、対象地域でGPS連続観測・解析を実施し、広域地殻変動監視及びアジア太平洋測地基準座標の構築に貢献した。

海上保安庁は、国際レーザー測距事業（ILRS）に引き続き参加し、レーザー測距データの情報共有を行った。

#### (6) 研究成果の社会への還元

国民に対して、地震予知・火山噴火予知研究の成果を分かり易く、継続的に伝えることは、地震及び火山防災意識の向上に貢献するとともに、現行計画の重要性と計画推進の理解を得るために重要である。そのような観点から、毎年度作成する現行計画の「成果の概要」は、平易な表現に努めるとともに、研究成果をイラストで表現するように改めた。また、研究成果をホームページや講演会などで広く公開することにも努めた。地震活動や地殻変動などに関するモニタリング結果の情報交換の場である地震予知連絡会は、マスコミ関係者にも公開され、地震の活動状況についてマスコミを通して広く国民に伝える役割を果たしている。

気象庁は、現行計画で得られた知見を地震予知業務に取り入れるため、「東海地震の予知手法に関する勉強会」を開催した。また、平成21年8月の駿河湾の地震（M6.5）が発生した際の教訓から、「東海地震観測情報」という名称を「東海地震に関連する調査情報」に修正した。また、火山防災の高度化を目指して、平成19年度から噴火警戒レベルを順次導入し、地域の防災対応に直接結び付いた情報の発表を始めた。平成22年度末の時点で全国29火山に導入されている。噴火警戒レベルは、現行計画で解明された火山噴火現象に関する知見を活用するとともに、秋田駒ヶ岳、新潟焼山、焼岳及び伊豆東部火山群で作成した噴火シナリオも利用されている。青ヶ島（東京都）、秋田焼山（秋田県）、白山（岐阜県）の3火山についても、噴火シナリオの作成に取り掛かった。さらに、現行計画で詳細に解明されたマグマ貫入により発生する伊豆東部の群発地震活動について、その規模、継続期間等を地殻変動の観測データを基に予測する手法を地震本部の地震調査委員会がとりまとめた。これに基づき、気象庁はこの地域における地震活動に関する予測情報を発表することを開始した。また、この群発地震活動がマグマによる現象であることから、噴火警戒レベルの発表も連携して行うこととした。

大学及び関係機関は、それぞれの研究成果を、一般公開、講演会、ホームページで積極的に公開し、研究成果の社会還元を行っている。また、小・中学校や高校への出前授業や、スーパーサイエンスハイスクール事業への協力をを行い、地球科学の知識普及だけでなく、地震防災・火山防災に関する知識普及も行っている。北海道大学では地域防災情報支援室を、東京大学地震研究所



では広報アウトリーチ室を設置した。また、名古屋大学では、地域の地震などの災害軽減に貢献する組織として減災連携研究センターを設置した。防災科学技術研究所では、アウトリーチ・国際研究推進センターを設置した。海洋研究開発機構では、地震津波・防災研究プロジェクトを立ち上げ、地域の中学校や高校への出前授業などアウトリーチ活動によって地震防災に関する知識の普及を行っている。

#### 4. 2. 今後の展望

##### (1) 計画を推進する体制の強化

###### (観測研究計画推進委員会の充実及び関係機関の役割の明確化)

観測研究計画推進委員会は、2011年東北地方太平洋沖地震の発生後に、現行計画において超巨大地震の発生予測などに関する基礎的研究が不足していたことを指摘し、研究計画を見直すように地震火山部会に提言した。これを受け地震火山部会は、現行計画の見直し作業を行うことを決定し、測地学分科会に報告した。このように、超巨大地震が発生するという事態に際して研究計画の変更を速やかに立案したことは、現行計画の研究推進体制が良好に機能していたことを示している。今後もこの体制を維持し、その機能を一層強化すべきである。

現行計画において、大学及び関係機関の役割分担が明確になされており、それにより現行計画が大学及び関係機関の連携により順調に推進されている。地震・火山噴火現象を理解し、その発生を予測するためには、継続的な観測とそれを実現する体制の整備が引き続き必要であり、今後も関係機関が役割分担をしつつ、観測と体制の整備に努めることを期待する。

###### (地震調査研究推進本部が策定する新しい総合的かつ基本的な施策への反映)

現行計画と地震本部は、明確な役割分担の下で互いに連携して調査研究を進め、地震防災・減災を目指してきた。地震本部の方針等の下で国が計画的に設置した基盤的調査観測網のデータは、現行計画にとっても必要不可欠なものとなっている。特に、東北地方太平洋沖地震の発生により、海域における調査観測の重要性は増している。地震本部の方針等の下で国が計画的に整備している海底観測網も含め、基盤的調査観測網が今後も一層充実されることを期待する。また、「地震及び火山噴火予知研究計画」の成果が、今後も地震本部の施策の立案などに積極的に取り入れられるとともに、現行計画では取り込まれていない研究成果も幅広く網羅され、最新の知見を反映した地震・津波の防災や減災に速やかに活用されることを、これまで以上に期待する。地震発生の予測は、研究途上であり一部を除いて実用化されていない。今後も、現行計画のようなボトムアップによる自由な発想に基づく多様な研究と、地震本部が実施するトップダウンによる研究が、共に協調を取りながら推進されることが重要である。

###### (火山観測網の整備と火山観測研究の充実、火山噴火予知連絡会の機能強化)

火山研究分野においては、地震本部のようなトップダウンによる研究推進の体制は存在していない。そのため、火山噴火予知連絡会が、火山活動の評価だけにとどまらず、関係機関の役割分担の調整や、協力体制の構築の役割も担ってきた。これは地震本部が地震予知研究に果たしている役割に匹敵する極めて重要な機能である。しかし、火山噴火予知連絡会は気象庁長官の諮問機関という位置付けであり、その活動に比べて体制は十分とは言えない。我が国の火山防災及び減災対策を充実するためには、政府として火山調査研究に関する総合的かつ基本的な施策の立案や、総合的な観測研究計画の策定などの取組を行う、トップダウンによる推進体制の確立が必要である。

火山活動の監視が当面必要な47火山に、気象庁が観測施設を整備できたことは、これまでの火山観測体制を考えると大きな前進と言える。今後も、火山の監視観測体制の強化が求められる。防災科学技術研究所は、6火山に基盤的火山観測施設を整備したが、火山観測体制の充実のためには観測施設の増設が望まれる。また、整備後10年以上経過した観測機器の更新、

電源や通信機能の強化、火山データの流通及び公開に関わるシステムの維持管理体制なども整える必要がある。大学は、法人化以降予算面や人員面で厳しい状態が続き、観測設備は老朽化している。大学の観測点の一部は火口近傍に設置され、研究面だけでなく防災面においても極めて重要な役割を果たしている。これらの観測設備の更新及び高度化が急務である。さらに、観測研究の推進には、噴火活動に即応して機動的な観測を実施することも重要であり、その設備や人員の配置も望まれる。

火山災害の軽減のため、火山噴火予知研究の推進とその成果を取り入れた火山防災情報の高度化が強く求められている。関係機関が連携して、今後も火山観測及び研究体制の整備を進めることを期待する。

## (2) 基礎的な観測研究体制の強化

現行計画の主たる担い手である大学が連携して行う研究については、予知協議会が主導して実施している。特に、予知協議会企画部は、観測研究計画推進委員会に協力し、研究計画の策定や研究成果の取りまとめを行うなど、その活動の中核を担っており、その体制と機能の強化が望まれる。また、東京大学地震研究所が3つのサイエンスマネジメントセンターを設置したことにより、全国の大学の連携の強化、大規模な観測の実施、研究の基盤となる観測データやデータベースの充実を実現する受け皿ができあがった。今後は、これらのセンターを活用することにより、地震・火山研究分野における我が国全体の研究活力が向上することを期待する。また、各大学における部局附属の研究センターなどにおいても、それぞれ特色を持った研究組織として、研究を進めることを期待する。

## (3) 計画を推進するための予算的措置

防災科学技術研究所が運営する地震基盤観測網及び基盤的火山観測網、国土地理院が運用するGPS観測網は、本研究の推進のために極めて重要である。そのため、耐用年数を迎える機器の更新が遅滞なく行われることを含め、観測機器の精度維持・機能向上が担保される予算措置を期待する。また、両機関が維持管理しているデータの保管、流通、公開に関するサーバーシステムの耐震化や停電対策の向上を図り、安定した運用を期待する。2011年東北地方太平洋沖地震の発生で、海溝付近の地殻構造、地震活動、地殻変動やプレートの固着に関する研究が不足していたことが明らかになった。この分野の研究を推進するため、海域における地震・地殻変動観測の充実を可能にする予算措置を期待する。

陸域観測技術衛星ALOSは耐用年限が経過し、その機能を停止した。この衛星による観測は、現行計画の推進に大いに活用されてきた。早急に新たな地球観測衛星の運用が開始され、今後も衛星が継続して打ち上げられるように予算措置を期待する。

大学の地震及び火山噴火予知の研究経費を、共同利用・共同研究拠点である東京大学地震研究所で一括して管理することにより、年度ごとに重点的に経費を配分する研究課題が調整でき、これまで単独の大学・機関では困難であった大型の観測研究が実施できるようになった。このような柔軟な予算システムは研究の推進には極めて有効であり、今後もこのシステムを継続するとともに、一層充実が図られることを期待する。一方で、大学は法人化以降予算面や人員面で厳しい状態が続くとともに、観測設備は老朽化し、研究環境が悪化している。特に、規模の小さな大学の観測センターではこの問題が深刻である。共同利用・共同拠点である東京大学地震研究所がこれに十分に配慮するとともに、国や地方自治体が、地域防災への貢献が期待される大学の観測設備の整備や更新にも配慮することを期待する。

## (4) 人材確保、特に若手研究者の育成

近年の急激な研究・教育体制の変化は、研究者ポストの年齢構成に大きなひずみを生み出し、継続的な人材育成の障壁となっている。その結果、研究の実質を担う若手研究者の多くが不安定な状態で雇用され続けることとなり、研究者を目指す学生にも大きな不安を投げ掛けている。こ

のような事態は、他の研究分野でも共通の問題であるが、安定したポストを持たない研究者は、すぐに成果の出る課題に流れざるを得ず、長い時間スケールの自然現象を対象とする地震・火山研究においては、将来的な人材不足がより深刻に懸念されている。現行計画の推進のためには多様な人材が必要であり、地質学的情報などから長い時間スケールの地震・火山現象を解読することのできる人材は特に意識して育成・確保する必要がある。また、基盤観測による継続的なデータの取得は、地震・火山研究の根幹をなすものであり、観測やデータ処理に関する高度な知識を有する技術者の育成・確保も重要である。

人材育成・確保の問題の根本的な解決には年齢構成の不均衡の解消が必要である。そのためには、地震及び火山に関する高度の専門知識を活用する職を開拓する努力を、全世代を挙げて行うべきである。例えば、国民の地震及び火山災害の軽減のためには、国の防災機関・研究機関だけでなく地域防災に関わる地方自治体に、地震予知・火山噴火予知研究に長年携わった経験のある専門家が配置されることを期待する。例えば、地質遺産を保全し利活用することを目的とするジオパークに関して、その推進自治体などに対して専門家を送り込み、大地の形成につながった地震や火山活動に関する学術面からの支援や、地震・火山災害の防災教育を行うことは、地方における専門家の確保や人材育成のためにも必要である。一方、広い分野で活躍できる若手人材を育成するためには、有期雇用の若手研究者が多様なキャリアパスに向けた研究・社会活動を行うことを支援するなど、現在の過度に狭義化された職務専念義務を見直す必要がある。

現在の若手研究者は、その研究人生の初期に、2011年東北地方太平洋沖地震という甚大な被害をもたらした稀有（けう）な現象を経験し、自然科学としての地震学やその社会との関わりについてこれまで以上に真剣に考えている。これらの若手研究者の新しい発想と研究能力を育て、次の計画に組み込めるように、現行計画に関わるコミュニティー全体が努力することが重要である。

#### **(5) 国際共同研究・国際協力の推進**

個々の大学や関係機関で共同研究、国際協力は進んでいるが、大学及び関係機関を越えて日本の地震及び火山研究者全体の組織的な連携・協力という観点で、一層積極的な取組が求められる。特に、大学などにおける国際共同研究の多くは、研究者間の個人的なつながりで行われており、その研究者が異動や退職すると、共同研究も途絶えることが多い。協力関係の構築に長年の努力が費やされてきたことを考えると、大きな損失であると言える。研究コミュニティー全体が協力し、長期的な国際共同研究や国際協力を推進する仕組みと、それを支援する体制の確立が急がれる。

2011年東北地方太平洋沖地震のようなプレート境界で発生する超巨大地震や、カルデラ形成を伴う極大噴火などの低頻度大規模現象を正確に把握するためには、他の地域との比較研究や国際協力によるグローバルな観測と研究体制が不可欠である。国際測地学協会（IAG）が進める全地球測地観測システム（GGOS）や国際VLBI事業が進めるVLBI2010のような次世代のグローバル測地観測体制に、震災を経験した我が国が率先して取り組んでいく必要がある。

#### **(6) 研究成果の社会への還元**

大学や関係機関では広報活動が活発に行われ、気象庁でも地震や火山の防災情報の高度化が図られるなど、各機関は研究成果の社会への還元には努力している。しかしながら、2011年東北地方太平洋沖地震で大きな被害を生じた要因の一つに、地震及び津波予測の限界を社会に十分に周知できていなかった事もある。今後は、大学と関係機関は防災の専門家と連携し、住民や行政機関と向き合い、地震や火山の観測研究の現状を説明するとともに、地震や火山噴火による災害について、一層のアウトリーチ活動を推進する必要がある。研究成果や防災対策を分かりやすく継続的に伝える人材として、知識と経験が豊富な定年後の研究者に協力をお願いする制度の設立も検討に値する。内閣府が実施している「火山防災エキスパート」制度を参考に、多様な広報活動の手段を常に模索してゆくべきである。国民に対して、地震予知・火山噴火予知研究の成果を分

かりやすく継続的に伝えることは、国民の防災意識を高めることに貢献するので、地震や火山噴火による災害から逃れられない我が国の立地を考慮すると極めて重要である。

地震及び火山災害を軽減するには、研究成果の公開にとどまらず、その成果を防災・減災に役立てる取組も重要である。例えば、現行計画で開発している即時的な津波予測システムを津波警報に反映させるなど、今後、現行計画の推進によって得られる最新の研究成果を広く国民に還元する努力が必要である。現行計画に参画する研究者は、研究成果の公表だけでなく、それを社会に役立てることに配慮し、研究成果の社会還元にも一層努力する必要がある。

## VI. 総括的評価

### 1. 現行計画策定までの経過

昭和40年度から始まった我が国の「地震予知計画」は、第7次計画（平成6年度～平成10年度）まで、観測網を段階的に整備し、地震前兆現象の検出に基づく地震予知を基本方針として推進された。この間、観測網の整備によって地震活動の諸特性などに関する多くの知見が蓄積された。しかし、これらの研究が進むにつれて、地震発生の時期、場所、規模を地震発生前に予測するという地震予知の目標の達成は、地震現象の複雑さのために、前兆現象の観測に基づく手法だけでは極めて難しいことが分かってきた。このような中で発生した兵庫県南部地震を契機として、地震予知研究の基本方針が見直され、平成11年度から、地震発生に関する基礎的研究を重点的に推進し、地震発生に至る全過程を理解することにより、地震発生予測への道筋を付けることを目指すことになった。この「地震予知のための新たな観測研究計画」（第1次新計画）では、地震の発生に関する基礎的研究を進め、それに基づいて地震発生に至る地殻活動をモデル化し、モニタリングとモデルに基づいて地殻活動の推移予測を目指した観測研究が推進された。また、平成16年度からの第2次新計画では、第1次新計画に引き続き、地震発生の準備過程の解明を進め、地殻活動予測シミュレーションモデルを開発することを目指した。これらの研究により、プレート境界地震については、アスペリティモデルが提唱され、それに基づいて、プレート境界地震の発生場所と規模の予測について一定の見通しが得られたとの認識がなされるようになった。さらに、東海から西南日本にかけてのフィリピン海プレート深部境界で短期的ゆっくり滑りや低周波微動が発見され、また、プレート境界で発生する小繰り返し地震の研究が進み、プレート境界の固着状態の時間的及び空間的な変化の把握が進んだ。内陸地震についても、地殻の不均質構造に関する知見が蓄積され、地殻・マンツルの粘弾性・塑性変形により広域応力が特定の断層に集中していく機構の理解が進んだ。

一方、昭和49年度から始まった火山噴火予知計画では、年次計画により観測網の整備と実験観測の推進が図られ、活動的火山における観測の多項目化と高密度化、観測データの高精度化が段階的に進められてきた。その結果、幾つかの火山においては、噴火に先行する地震活動や地殻変動などの現象が観測され、それに基づく情報発信が可能になった。また、全国の大学合同による集中総合観測が主要活火山において年次的に実施され、火山噴火ポテンシャル評価や噴火予知手法の開発に大きく貢献した。第5次計画からは、制御震源を用いた火山体構造探査が重点的な研究項目に加えられ、火山体の内部構造に関する理解が進んだ。これらの研究の進展や、GPS、SAR干渉解析等の観測技術・手法の進歩により、複数の火山においてマグマの上昇や貫入、蓄積等の火山噴火準備過程が捉えられるようになった。さらに、地震や地殻変動観測に加え、電磁気学的観測、精密重力測定、火山ガス観測、地質学的調査・分析等の総合的な観測が実施された火山では、火山流体の挙動やマグマの発泡・脱ガス等の噴火過程について多くの知見が得られた。

このように、地震予知研究と火山噴火予知研究は、平成20年度までそれぞれ独立に推進され、共に、実用的な予知の実現という最終目標にはまだ到達していないものの、学術的には着実に成果が上がっていると評価されてきた。一方、近年の研究の進展によって、海洋プレートの沈み込みと巨大地震の発生、マグマの発生と蓄積・移動、内陸の大地震の発生を、関連する現象として包括的に研究する必要性が生じてきた。したがって、地震予知研究と火山噴火予知研究で共通の課題を設定して共同で観測研究を実施することが有効である。また、両者には、測地学、地震学、電磁気学等の共通の観測手法を利用する研究対象が多く、研究者の交流によって新たな研究分野の創出につながる可能性もある。さらに、我が国には、世界に類を見ない高密度な地震・地殻変動の基盤的観測網が整備されており、こうした研究資源を地震及び火山現象のいずれの観測研究にも有効に活用できる。これらのことは、地震予知研究と火山噴火予知研究の連携を一層密にし

て、互いに協力して実施することの必要性を示すものである。

このような認識の下に、これまで別々に実施されてきた地震予知研究と火山噴火予知研究を統合した「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」が、平成20年度に策定され、平成21年度から実施されている。

## 2. 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震

これまでの研究により、プレート境界地震については、アスペリティモデルが提唱され、それに基づいて、プレート境界地震の発生場所と規模の予測について一定の見通しが得られたとの認識があった。そのため、現行計画ではM9クラスの超巨大地震の発生の可能性について、ほとんど追究していなかった。しかし、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、海溝軸付近のプレート境界浅部が約50mと大きく滑ったことや、これまでM7～8程度の地震を発生させていたアスペリティが本震時に通常の滑りより一桁程度大きく滑ったことなど、現行計画で考えていた単純なアスペリティモデルでは説明できないことが分かった。

このため、現行計画で不足していた点を明らかにして、それを抜本的に見直し、今後の研究の方向を見いだすことが必要である。この地震の現時点における全体像をできるだけ詳細に明らかにすることを試みた。以下に現時点における成果と課題を示す。

### (成果)

東北地方太平洋沖地震の発生前から、日本列島には高密度の地震観測網とGPS観測網が展開され、更に震源域周辺には海底地震計や海底地殻変動観測点が設置されていた。これらにより、前震活動から本震発生に至るまでの過程を精度良く把握できた。超巨大地震の震源過程がこのように詳細に捉えられたのは世界で初めてである。

これまで、海溝付近で高角な分岐断層が滑ることによって大きな津波が発生すると考えられていたが、今回の地震では低角のプレート境界が大きく滑ることによって巨大な津波が発生した可能性が高いことが海底観測から明らかになっている。これは、過去の津波地震の発生機構に対して再検討を要請するものであり、非常に重要な意味を持つ。

また、本震発生前の地震及び余震の発震機構解の解析により、プレート境界に掛かっていたせん断応力のほとんどが本震発生によって解放された可能性が高いことが示された。このことは、地震発生前のプレート境界の固着強度が、地震の応力降下量と同程度のかかなり小さな値であったことを意味しており、プレート境界地震の発生サイクルのモデル化にとって極めて重要な成果である。

地震発生に先行して時間とともに滑りが加速していくような、本震直前の単純な破壊核形成は捉えられなかったものの、前震の余効滑りが本震の破壊を促進した可能性が指摘されている。また、数年前から、震源域においてゆっくり滑りが活発化したことが捉えられており、今後、他の地域での超巨大地震の発生予測にとって重要な成果である。

### (課題)

2011年東北地方太平洋沖地震について、その発生の可能性の評価すらできなかった理由は、下記の通り、プレート境界の固着状態について過小評価していたことと、アスペリティモデルが抱えていた問題にあったと総括される。

#### ○固着状態の過小評価

今回の地震で海溝近くにおいて約50mの大きな滑りが生じたことは、地震発生前に同程度の滑り欠損が蓄積していたことを意味している。このような巨大な滑り欠損を生じさせるほど、固着していたということが事前に判明していれば、今回のような地震の発生可能性を予見できたかもしれないが、実際には以下の理由で固着状態を過小評価していた。

東北地方太平洋沖では普段の地震活動が高く、約100年の測地測量でもプレート境界の上盤

側に位置する陸域では大きなひずみが蓄積されていなかったことから、プレート境界の固着は弱く、M8 程度以下の地震とその余効滑りでひずみは解消されると考えられていた。固着が弱い理由としては、この地域で沈み込む太平洋プレートの年代が世界的に見ても非常に古いので、プレートが重くて沈み込みやすくなっているためと解釈されていた。

今回の地震で大きな滑りを生じた日本海溝近くでは、プレート境界がまだ浅く、上盤からの圧力が小さく、また堆積物も太平洋プレートと一緒に沈み込んでいることが明らかになってきたため、この付近では特にプレート境界の固着が弱いと考えられていた。また、海溝付近では普段の地震活動が低調であり、発生したとしても低周波成分が卓越する地震が多いことも、この考え方を支持していた。

#### ○アスペリティモデルについて

現行計画においては、「プレート境界では、非地震性滑りの進行により固着領域（アスペリティ）に応力が集中し、やがて地震発生に至る」というアスペリティモデルの有効性がこれまでの計画における成果において検証されてきたとして、そのモデルの高度化が重要であると位置付けられていた。実際、このような単純なアスペリティモデルで、近年発生したプレート境界地震の多くが説明可能であったため、アスペリティモデルは長期予測の科学的背景となっていた。宮城県沖で過去に繰り返し地震が発生してきたことも、アスペリティモデルに基づく解釈がなされ、そこでは近い将来に大きな地震が発生する可能性が高いことは事前に指摘できていたが、その規模については最大でも M8 程度と評価していた。今回の地震の現時点までの解析結果から、現行計画のアスペリティモデルに基づく予測の問題点は、以下の2点に総括される。

##### （短期間のデータからのアスペリティの推定の限界）

地震の震源域を歴史記録から推定する場合には誤差が大きいので、地球物理学的観測データからの推定を重要視する傾向にあった。発生間隔が数十年程度の M7 クラスの地震であれば観測データでアスペリティの分布は把握できると考え、M8 クラスの地震も M7 クラスのアスペリティの複合破壊として大部分は説明できるものと考えていた。M9 の東北地方太平洋沖地震の主破壊域のように、数百年にわたって固着している領域が存在しているとは考えていなかったため、100 年程度の観測データでも、大地震のアスペリティの分布はおおむね把握できると誤解していた。

##### （非地震性滑り域の極度の単純化）

断層滑りのモデル化に用いられる速度・状態依存摩擦構成則では、通常は非地震性滑り域であっても、限られた条件下では、地震性滑りを起こし得ることが知られていた。このモデルを用いて実際の地震発生を説明するうちに、次第にモデルが単純化され、アスペリティ以外では地震性滑りを起こさないモデルが支配的になっていった。既知のアスペリティの大きさから、この地域で発生する地震の最大規模を過小評価していた。

上記のような背景から、これまでは M9 クラスの超巨大地震の発生の可能性についてほとんど追究されていなかった。また、海底の観測体制については、地震発生前から海底地殻変動観測や海底地震観測が実施され、極めて貴重な観測データが取得できたことは高く評価されるが、M9 の地震断層の広がりや考慮すると、必ずしも十分とは言えない。

超巨大地震を含む地震・火山噴火やこれに起因する現象の予測を行うためには、以下の3項目の研究を直ちに推進する必要がある。

#### ○超巨大地震とそれに起因する現象の解明のための観測研究

超巨大地震の発生機構を理解するには、地震発生サイクル、震源域の大きさや滑り量について明らかにし、超巨大地震とこれまで知られている大地震の関係を解明する必要がある。このために、東北地方太平洋沖地震の震源過程の観測研究をより一層推進するとともに、幅広い規

模にわたる地震の発生サイクルや震源域の時空間的な階層性についての研究を進める必要がある。また、超巨大地震発生に先行して現れた現象について調査研究を行うことも重要である。東北地方太平洋沖地震発生後は余震活動が活発であり、M7クラスの余震も発生している。震源域付近ではプレートがゆっくり滑る余効的な地殻変動が継続し、新たな大地震の発生の可能性もある。超巨大地震の発生に伴い、内陸や火山周辺で日本列島の応力場が変化したことが原因と考えられる地震活動が活発になる現象が見られており、これらを理解するための観測研究を推進する必要がある。

#### ○超巨大地震とそれに起因する現象の予測のための観測研究

超巨大地震やそれに起因する現象を予測するために、プレート境界で滑り欠損がどこで生じているかなどの地殻活動の現状把握のためのモニタリングや過去の地震発生履歴の調査を強化する必要がある。超巨大地震は低頻度の現象のため、その発生予測には、発生機構を解明し、予測シミュレーションに向けた物理モデルの構築が必要である。また、新しい統計的な手法を用いた予測手法の開発を行うことも必要である。また、観測データの即時処理により、地震動予測のみならず津波予測を高精度で行うためのシステムの研究開発を進めることも重要である。

#### ○超巨大地震とそれに起因する現象の解明と予測のための新技術の開発

超巨大地震とそれに起因する現象を解明して予測するには、陸域からの観測だけでは精度が不足しており、海溝軸付近の地殻変動や地震活動などを精度よく実時間で観測する必要がある。深海底での観測には、既存の海底観測技術を高度化するための技術開発が必要である。さらに、沈み込み帯で発生する超巨大地震の発生履歴を理解するためには、沿岸域での古地震調査だけでは限界がある。海溝軸付近の深海底で、地震活動履歴を明らかにすることのできる技術を開発する必要がある。

### 3. 現計画の成果と課題

#### (1) 地震と火山噴火予知研究の統合

##### (成果)

我が国における地震と火山噴火の発生は、海洋プレートが日本列島下に沈み込み、そのために生じる地殻・上部マンツルの構造不均質と力学的・化学的不安定に起因するため、現行計画ではこれら地震と火山噴火現象に共通な場の理解を目指した。特に、島弧マグマの発生場や地震活動と火山活動の相互作用などについて、地震・火山共通の研究課題として取り組み、以下の成果を得た。

#### ○沈み込み帯におけるスラブからの水の供給とマグマの発生・上昇経路の解明

上部マンツルにおけるマグマの発生や地震発生に重要な役割を果たす、スラブからマンツルウェッジへの水の供給に関して、スラブの上方に地震波低速度で低比抵抗の領域が日本列島の多くの地域で確認され、その実態が明らかになりつつある。

また、島弧におけるマグマの発生場に関しては、広域の三次元地震波速度構造の解析により、背弧側深部への海洋プレートの沈み込みと、マンツルウェッジ深部からのマンツル上昇流に対応する速度分布が得られ、マグマの発生活動が背弧側深部にまで及んでいる可能性が高いことが示された。また、比抵抗構造の解析からも、背弧側深部から火山フロント直下へのマグマの上昇が示唆されるなど、上部マンツルにおけるマグマの発生と上昇経路について理解が進んだ。

#### ○地震活動と火山活動の相互作用の解明

伊豆半島東方沖では、地殻変動を伴いながら有感地震を含む活発な群発地震が繰り返し発生しており、これらの群発地震の活動様式と発生機構について詳細な研究がなされた。その結果、これらの群発地震はマグマの貫入に伴って発生し、マグマの貫入量の時間変化と群発地震の活



動度がほとんどの場合ほぼ比例することが明らかにされた。このことは、地殻変動観測からマグマの貫入量を見積もることにより、群発地震活動の推移をある程度予測できることを示している。この成果は、地震調査研究推進本部において「伊豆東部の地震活動の予測手法（平成22年9月9日）」として取りまとめられ、気象庁の地震情報に活用されることになった。

また、伊豆大島における地震及び地殻変動の解析から、広域応力とマグマ活動による局所的な応力の影響で火山周辺の起震応力場が作られ地震活動はその影響を受けることが示された。さらに、伊豆大島及び周辺海域で実施された構造探査実験などから、マグマ貫入とそれに伴う地震活動が地下構造によって規定されている可能性が高いことが明らかになった。

#### (課題)

スラブからマントルウェッジへの水の供給やマグマの発生場及び上昇経路の解明は、地震や火山噴火の発生予測に直ちに役立つわけではないが、地震・火山現象の地球科学的背景の理解に基づく地震及び火山噴火に至る全過程の理解の深化には極めて重要である。今後は、観測から得られるスラブ及びマントルウェッジの三次元構造と、岩石の脱水条件などの物質科学的な研究成果及び数値シミュレーションとの比較研究により、沈み込み帯におけるスラブからの水の供給とマグマの発生・上昇について総合的に明らかにしていく必要がある。

地震活動と火山活動の相互作用に関しては、マグマ貫入による局所的な応力場によって活発な地震活動が引き起こされること、さらに、マグマの貫入量と地震の活発化の関係が定量的に明らかにされて気象庁の地震情報に用いられるなど、火山活動が地震活動に及ぼす影響については顕著な成果が得られた。一方で、地震活動が火山活動に及ぼす影響については取組がまだ不十分である。平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震では、地震波の伝播(でんぱ)による動的応力場の変動により、日本各地の火山直下や火山近傍で火山性地震が誘発され、巨大地震の発生が火山活動に影響を及ぼす事例が確認されている。今までのところ、2011年東北地方太平洋沖地震により誘発されたと考えられる火山噴火は発生していないが、震源域に近い東日本の火山では静的な応力場も変化しており、これらの研究に早急に推進する必要がある。また、上記のような弾性的な応力場の変化を介した地震・火山の相互作用だけでなく、今後は地殻深部の粘性緩和や、マグマや火山ガス、地下水等の地殻流体の挙動なども考慮した時間遅れのある相互作用についても研究を進めることが必要であろう。このためには、マグマや地下水などの分布や状態も含めた地下構造についてのより詳細な知識が必要となる。

さらに、現時点では地震・火山分野共通で取り組む研究課題は、マグマの発生場や地震活動と火山活動の相互作用など一部の課題に限られているが、今後は両分野共同で取り組む研究の範囲を広げていくことも必要である。マグマ近傍の火山性地震・微動活動は、高温・高間隙圧の条件下で生じていると考えられ、プレート境界深部の低周波地震・微動と発生環境の類似性が認められる。今後、そのような観点から、両方の研究の交流を進めることも重要であると考えられる。

#### (2) 地震予知研究

##### (成果)

ここでは、地震予知研究で得られた成果のうち、主だったものを列挙する。

##### ○モニタリングの高度化

宇宙技術については、GPS データ解析のリアルタイム化と高精度化が進められ、日本列島の変位速度場が詳細にモニタリングできるようになった。これにより、例えば、2011年東北地方太平洋沖地震のような極めて大きな地震の際には、GPS データをリアルタイムで解析して断層モデルを推定する手法に一定のめどが立った。また、SAR 干渉解析の技術開発も進み、地震時の滑り域の詳細な推定に威力を発揮したのみならず、余効変動についても解析できるようになった。例えば、新潟県中越沖地震発生後、震源断層から離れた場所の活しゅう曲において急速な変動が捉えられた。

海底観測についても高度化が進み、特に宮城県沖における海底地殻変動観測により、東北地方太平洋沖地震前のプレートの固着状態を推定するための貴重なデータを取得できた。また、本震2日前に発生した前震の余効滑りが本震の破壊を促したことや、本震の滑りが海溝近くで約50 mにまでなったことを示すデータが得られている。さらに、海底水圧計には津波の特徴を示す水圧変化が明瞭に記録されている。

これらのデータは本震の地震像とその余効変動を理解する上で重要であるだけでなく、津波予測の高度化にも役立つことが期待されるので、データ処理のリアルタイム化を図る必要がある。

#### ○地震発生サイクルの理解とシミュレーションの高度化

岩手県釜石沖のプレート境界において、繰り返し発生するM5前後の地震の震源域の内部や端で幾つかのグループをなすM2~4程度の小地震活動が見付かった。M5の地震発生サイクルの中で、それらの小地震が規則性をもって発生していることが分かった。これにより、大きなアスペリティの中に、幾つかの小さなアスペリティが存在するという階層性を持つことが明らかになった。このようなアスペリティの階層構造を導入したモデルを用いたシミュレーションにより、大きさの異なる繰り返し地震が共存して発生することを再現できた。2011年東北地方太平洋沖地震の震源域は、1978年の宮城県沖地震の震源域を内包しており、M9の地震の震源域内でM7の地震が繰り返してきたことになる。M9の地震が生じた原因を解明するため、このような階層構造を考慮したシミュレーションを行い、新たな地震発生モデルを構築する必要がある。

#### ○プレート間滑りの多様性と相互作用

西南日本におけるプレート境界では、深さの違いにより幾つかの滑り様式があることが明らかになった。深さ約30 km以浅では東南海・南海地震のような巨大地震が発生し得る固着状態にある。深さ約30~50 kmの中深部では、短期的ゆっくり滑りと深部低周波微動が発生している。低周波微動は浅いものほど発生間隔が長く、深くなるにつれて短くなる。浅部と中深部の間では長期的ゆっくり滑りも発生している。また、深さ約50 km以深では定常的に滑っていると考えられる。つまり、浅部から深部に向かって固着が徐々に弱くなり、深部では安定滑りとなってプレートが沈み込んでいる。中深部で発生する短期的ゆっくり滑りと深部低周波微動はほぼ同期して発生する。これは短期的ゆっくり滑りの発生により小さなアスペリティに応力が集中し、深部低周波微動が発生していると考えられている。長期的ゆっくり滑りの発生によっても同様な機構で深部低周波微動が発生している。さらに、長期的ゆっくり滑りの発生に同期して、海溝近くのごく浅い領域で超低周波地震が発生していることが明らかになってきた。このように、プレート境界では固着の程度により、多様な滑りが起こり、それらが相互に作用していることが明らかになった。

#### ○地震発生に及ぼす流体の影響の解明

地震波速度構造と比抵抗構造を同じ地域で高精度に推定する観測研究を推進してきた。内陸地震の震源域直下では、明瞭な地震波低速度、低比抵抗の領域が共通して見られる。これは地殻流体の存在を示唆し、それによって強度が局所的に低下するため、その上部に応力が集中して内陸の大地震が発生するという機構が考えられる。

また、東海地方のフィリピン海プレートの沈み込みに伴う長期的ゆっくり滑りによるモーメント解放量の最も大きな領域は、海洋性地殻内における顕著な低速度・高ポアソン比域に対応している。これは、ゆっくり滑りの発生に流体の存在が関与していることを示唆するものである。

東北地方太平洋沖地震前後の地震の発震機構の解析から、見掛けの摩擦係数が極めて小さく、プレート境界の間隙水圧が極めて高い可能性が指摘されている。また、本震の滑り量が極めて

大きく、残留応力がほぼゼロとなる程度まで滑った理由として、摩擦熱によりプレート境界の間隙水が膨張し、その水圧上昇により断層面に働く有効法線応力が低下したことによるとする仮説が提案されている。

東北地方太平洋沖地震の後、内陸の一部の領域で応力場の主軸方向が回転したことが判明した。これは、地震発生域の間隙水圧が高いことにより、内陸の地震発生域の強度が小さい可能性を示している。

#### (課題)

これまで二元論のアスペリティモデルを用いて、プレート境界の地震発生を理解してきた。東北地方太平洋側で発生するM8クラス以下の地震の滑り分布はおおむねこのモデルで説明でき、複数のアスペリティの連動という概念を導入することにより、規模の大きな地震の発生についても説明できると考えていた。さらに、過去の地震の滑り分布からアスペリティの位置と大きさを特定し、地殻変動観測や小繰り返し地震の解析から固着度が見積もられていた。それにより、M8クラス以下の地震に関しては場所、規模の推定に関してはある程度の予測ができるものと考えていた。しかしながら、2011年東北地方太平洋沖地震では、M7の地震の余効滑り域でも本震時に滑りが発生し、これまで固着が弱く滑り欠損の蓄積は小さいと考えられてきたプレート境界浅部域で極めて大きな地震性滑りが発生した。これらのことから、アスペリティモデルを抜本的に見直すと同時に、その他のモデルの可能性についても検討する必要がある。例えば、断層の摩擦パラメータが時間変化する柔軟なモデルも考えられる。また、摩擦特性の時空間変化を物理現象や物性に結び付け、アスペリティの実体を念頭に置いたモデルの高度化も必要である。

西南日本では、プレート境界の固着が深さとともに弱くなることにより、巨大地震、長期的ゆっくり滑り、短期的ゆっくり滑り・深部低周波微動、安定滑りと変化していく。また、それらの発生に相互作用が働いていることが明らかになってきた。これらの現象を説明するモデルの構築を通して、アスペリティモデルの高度化や新たなモデルの開発につなげていく必要がある。

内陸地震の理解のため、過去の大地震の震源域近傍で地震波速度や比抵抗構造の調査を行った。その結果、震源断層の深部では、地震波低速度・低比抵抗領域が広がっているという共通の構造的特徴が見出された。さらに、周辺で発生する地震活動は、高速度・高比抵抗領域内で活発であることも明らかになった。震源断層直下では地殻流体の存在が示唆され、下部地殻の強度が局所的に低下し、その直上の上部地殻に応力が集中することにより、内陸地震が発生するという概念モデルが提案された。今後は、地震波速度や比抵抗と物質とを結び付け、地殻流体の移動や温度場の影響も考慮したモデルの高度化が望まれる。

### (3) 火山噴火予知研究

#### (成果)

現行計画では、観測を通じて火山下の地殻や上部マントルで進行している諸現象を把握し、その結果と噴火シナリオに基づき、火山現象の予測を行うことを目指している。このため、火山噴火準備過程、火山噴火過程及び火山噴火素過程の解明のための研究を実施して火山現象の理解を深めるとともに、モニタリングシステムを整備・高度化し、幾つかの火山において噴火シナリオの作成に着手した。また、火山現象のデータベースを整備して、情報の統合化を図った。さらに、これらの研究に必要な観測技術の高度化も併せて推進した。ここでは、火山噴火予知研究で得られた成果のうち、主だったものを列挙する。

#### ○火山のモニタリングの高度化

火山のモニタリングシステムに関しては、気象庁により、全国の47火山において地震計・傾斜計等の観測施設の整備が行われたことに加え、防災科学技術研究所による孔井式の火山観測施設の整備も始まり、それらの観測データの共有化と流通が開始されるなど、大きな進展が見られた。また、衛星搭載の高性能光学センサ（ASTER）を用いた観測や、SAR干渉解析や地震

波干渉法など、新しい技術や手法もモニタリングに取り入れられ、その高度化が図られた。さらに、宇宙線（ミューオン）による火山体内部の観測が複数の火山において実施されて火道形状が推定され、絶対重力連続観測などとの並行観測が火山のモニタリングに有用であることが示された。

#### ○火山噴火予測システムとしての噴火シナリオの作成

現行計画では、火山噴火の予測システムの開発をより明瞭に志向しているが、現時点では物理・化学モデルに基づく定量的な噴火活動推移予測は困難である。そこで、火山噴火予測システムとして、まずは主に過去の噴火事例や地質学的情報に基づいて、三宅島と霧島山（新燃岳）の噴火シナリオが作成され、桜島においても噴火シナリオのプロトタイプが作られた。さらに、噴火活動中の新燃岳に新たに作成された噴火シナリオを適用し、噴火シナリオとモニタリングデータを用いて噴火予測が試行され、その有効性と課題が明らかになった。

#### ○マグマ蓄積過程とその多様性の解明

地震観測や地殻変動観測に火山体の構造調査を組合せることにより、マグマ供給経路の解明と火山浅部へのマグマの上昇・蓄積過程の理解が進んだ。また、マグマ噴火を繰り返しながら更に規模の大きな噴火への準備過程にあると考えられる桜島と、静穏期を経て噴火に至る伊豆大島をモデルケースとした観測研究から、マグマ蓄積過程の多様性についても重要な知見が得られた。

このうち、噴火を繰り返している桜島では、火道が開放状態にあると考えられる。人工地震を用いた構造探査により、始良カルデラのマグマだまり（深部マグマだまり）と桜島直下のマグマだまり（浅部マグマだまり）を結ぶ場所に、マグマの通路を示唆する地震波低速度域が見いだされた。さらに、地殻変動や地震活動・発震機構解の特徴などから、深部マグマだまりと浅部マグマだまりをつなぐマグマ供給系が明らかになった。噴火活動は、浅部マグマだまりへのマグマの供給と火口からの火山噴出物の放出の収支バランスに支配され、これが噴火の多様性につながっている。また、深部マグマだまりでは、浅部マグマだまりにマグマを供給しながら、更に規模の大きな本格的噴火に向けてマグマ蓄積を継続していることが明らかになった。

一方、現在噴火活動を休止している伊豆大島においては火道が閉鎖状態にあり、約3年周期で間欠的に山体の膨張と収縮が観測されている。これは、マグマの火山浅部への上昇・蓄積と深部への還流が繰り返されていることを示している。また、火山体構造探査結果との対比から、マグマ蓄積場所の深度が地下の密度構造に支配されていることが示された。

このように、マグマ上昇・蓄積過程は火道が開放系か閉鎖系かによって違いが見られ、開放系の場合はマグマの収支バランスに支配され、閉鎖系の場合では地下構造が大きく関与している。

#### ○火山噴火の推移とその多様性の解明

爆発的噴火が頻発する桜島、諏訪之瀬島、スメル火山等において高精度の多項目観測が行われ、火口近傍で観測を実施すれば爆発的噴火の直前の山体膨張を検知できることが示された。さらに、諏訪之瀬島やスメル火山では、噴火に先行する山体膨張の速度と噴火規模に相関があることも明らかになった。また、火山ガスのモニタリングにより、幾つかの火山において噴火の発生直前に火山ガス放出量がいったん減少することが明らかになった。これらは、観測により爆発的噴火の発生時期と規模を直前予測できる可能性があることを示しており、火山噴火予測にとって大きな成果である。

一方、有珠山では、水蒸気爆発とマグマ水蒸気爆発の発生条件が、火山浅部の帯水層の深度によって説明できることが示され、噴火の推移と多様性にはマグマの物性や状態のみならず、火道の周囲の構造や地下水などの環境も重要であることが明らかになった。

さらに、桜島の噴出物の分析から、玄武岩質マグマの関与の割合が噴火規模を支配してい

る可能性が高いことが示されるなど、マグマの発達過程と噴火規模・様式の関係についても重要な知見が得られた。

#### (課題)

現行計画では、社会に対する火山噴火予知研究の成果として、火山噴火予測システムの構築を目指した。幾つかの活動的な火山において、火山噴火予測システムとして噴火シナリオが作成され、それを用いて噴火予測の試行が行われたことは、現行計画の着実な進捗を示すものである。しかし一方で、火山噴火の発生頻度が低いため、過去の噴火事例についてのデータや情報が質・量共に不足しており、噴火シナリオの作成と高度化は容易ではないことも認識された。現在の噴火シナリオは、火山噴火予測システムとしては定性的で初歩的なものであり、今後、更に掘削などの地質調査を組織的に行うなどして噴火履歴に関する情報の量と精度を上げるとともに、噴火現象解明研究の成果を取り入れながら、噴火シナリオの高度化に取り組む必要がある。噴火シナリオは、現在の火山学の知識を火山防災に効率的に役立てるものであり、この観点からも引き続きその作成と高度化を推進すべきである。

火山現象を予測するためには、上記のような予測システムの構築に加え、モニタリング能力の向上が不可欠である。火山現象を対象としたモニタリングには、地震現象の場合と異なり、火山ガスや赤外映像、可視映像等の多項目の観測が必要であり、火山観測に特化した基盤的観測網の整備を推進する必要がある。これらの基盤的観測網の整備によりモニタリング能力の向上を図るとともに、地震の基盤的観測網などの現有の研究資源も最大限に活用して各機関の観測網のデータの交換と共有も併せて進めることが必要である。また、モニタリングの更なる高度化を目指して、新たな火山観測技術の開発にも引き続き取り組む必要がある。

火山現象の解明は、火山噴火予測システムを構築する際の基礎となり、噴火シナリオの中の事象分岐において判断基準を策定する際に必要である。このため、国内外の火山において観測研究を行い、マグマ蓄積過程や噴火過程に関して解明を進めるとともに、それらの多様性についても理解を深めた。今後も多くの火山における比較研究を推進して、これらの多様性を生じる機構の解明を目指すべきである。また、桜島のような重点的に観測研究の対象とする火山を引き続き設定して、多項目観測や地質学的調査を集中的に実施する必要がある。ここでは、マグマだまりにおけるマグマの蓄積と発達過程、火道の状態や構造、上昇するマグマに含まれる揮発性物質の挙動などを明らかにし、火山現象の定量的理解を目指す必要がある。さらに、定量的理解に際しては、マグマの分化・発泡・脱ガス過程等の素過程の理解が不可欠であることから、数値シミュレーションや室内実験などの研究も併せて推進する必要がある。

これらの研究を支援するものとして、データベースの構築も重要である。これまでの火山噴火予知計画において、火山地質図や火山地形図などの火山活動基礎資料が年次的に整備され、活用されてきた。また、火山ハザードマップが作成され、噴出物の年代や化学分析値のデータベースが整備されるなど、火山防災のための基礎資料の充実も図られてきた。しかし、火山噴火予測システムの構築に資することを強く意識した統合データベースの整備は必ずしも十分ではなく、今後はその構築に向けた取組が必要である。また、現象解明研究を含め現行計画の各課題で得られたデータ、研究成果などを容易に閲覧、利用できるようなデータベースの構築も進めるべきである。

#### (4) 計画推進のための体制強化

##### ○地震調査研究推進本部と現行計画との関係

地震及び火山噴火の発生から逃れられない我が国の地学的な立地を考えると、地震や火山に関する研究を推進し、その成果を地震や火山の防災や減災に役立てることは、国の責務である。国の地震調査研究推進本部の進める調査研究と現行計画が互いに補完して、国民の要求に応える必要がある。現行計画は、研究者の自由な発想に基づくボトムアップによる研究であり、萌

芽（ほうが）的な研究や基礎的な研究を推進するには適した研究体制である。一方、地震調査研究推進本部が推進する調査研究はトップダウンで行い、大規模で組織的な研究を推進するには適した体制である。地震発生の予測の方法が確立していない現状を考えると、両者が役割分担し、協力して地震研究を推進すべきである。また、現行計画の成果が、今後も地震本部の施策の立案などに積極的に取り入れられることを期待する。

#### ○地震研究と火山研究の違い

一方、火山研究分野においては、地震調査研究推進本部のような政策課題対応型による研究推進の体制は存在していない。我が国の火山防災及び減災対策を充実するためには、国として火山調査研究に関する総合的かつ基本的な施策の立案や、総合的な観測研究計画の策定などの取組を行うトップダウンによる推進体制の確立が必要である。

#### ○長期にわたる観測の継続と基盤的観測網の整備

地震・火山現象を理解し、予測するための研究には、継続的に高精度の観測データを取得し、観測研究に活用する必要がある。国が整備した地震に関する基盤的調査観測網は、地震発生の予測を目指す本研究の推進に不可欠なものとなっており、今後も継続的に維持されることを期待する。陸域の基盤的観測については、我が国は世界的に見ても極めて高度な観測網を有している。一方、海域は観測網の設置が困難であるため、その整備が遅れていた。国土の四方を海に囲まれ、海域で巨大地震が発生することを考えると、今後は海域の観測網が整備されることを期待する。また、陸域においても、観測点の設置が困難な火山周辺では整備が遅れている。火山噴火予知の高度化のためには、火山周辺に基盤的観測網を整備することが必要である。

地震や火山噴火の発生直後の観測データは、地震発生や火山噴火機構の解明に重要である。現行計画において、内陸地震発生場や火山周辺の構造の特徴などについて、大学などは機動的な観測から幾つかの重要な研究成果を上げている。研究目標を明確にして、基盤的観測網を補うような機動的な観測を実施することは、地震や火山噴火現象の理解に有効であり、機動観測を高度化することが重要である。

#### ○研究の推進体制

観測研究計画推進委員会は、大学の地震・火山噴火予知研究協議会企画部と協力し、現行計画に基づく年次計画の策定、研究の進捗状況の把握、研究計画の見直しを実施している。現行計画の推進の中核としての機能は大変重要であり、今後もその機能を継続するとともに、現行計画に参加している機関の連携強化のため、活動を強化する必要がある。

現行計画の主たる担い手である大学においては、共同利用・共同研究拠点である東京大学地震研究所に設置された地震・火山噴火予知研究協議会の機能を利用し、連携を強化して計画を推進している。東京大学地震研究所が三つのサイエンスマネージメントセンターを設置したことにより、全国の大学の研究者が連携した研究計画の推進、大規模な観測研究の実施、研究の基盤となる観測データやデータベースの充実が期待できる。それと同時に、各大学における部局附属の研究センターなどにおいても、それぞれ特色を持った研究組織として、研究を進めることが重要である。

#### ○人材の確保

現行計画の継続的な推進のためには、人材の確保と育成が極めて重要である。各大学は、若手人材の育成や確保のため、地震及び火山研究分野の学部学生、大学院生の教育に力を入れるとともに、博士研究員や大学院生の研究環境の改善を目指した取組が必要である。また、大学や関係機関においても、研究者のポストの増員が望まれる。地震や火山災害から逃れられない我が国においては、防災機関に地震及び火山に関する専門知識を持った職員の配置が望まれる。研究成果の社会への還元観点からも専門知識を有した防災担当者の必要性を社会に丁寧に説明し、地震及び火山の専門家が社会の中で活躍できる場の拡大を図りつつ、人材の確保及び

育成に努める必要がある。

#### ○国際交流

地震・火山現象に関する理解を深め、地震及び火山噴火予知研究を推進し、災害軽減に資するためには、国内外の地震・火山活動に関する国際共同観測・比較研究などの国際共同研究や国際協力が重要である。特に、2011年東北地方太平洋沖地震のようなプレート境界で発生する超巨大地震や、カルデラ形成を伴う極大噴火などの低頻度大規模現象を正確に把握するためには、他の地域との比較研究や国際協力によるグローバルな観測と研究体制が不可欠である。大学や関係機関は互いに協力して、国際交流を一層推進する必要がある。

#### ○成果の社会への還元

大学や関係機関は、研究成果が国や関係自治体の施策に反映されることや、専門知識や観測データが地震調査委員会や火山噴火予知連絡会が行う地震や火山の活動評価に役立てられることにより、現行計画に基づく観測研究成果を社会へ還元してきた。気象庁は地震や火山の防災情報の高度化を図ることにより、地震や火山の防災・減災に貢献してきた。しかしながら、東北地方太平洋沖地震で大きな被害を生じたことは、地震及び津波予測の限界を社会に十分に周知できていなかった事も要因の一つであると考えられる。今後は、大学と関係機関は防災の専門家と連携し、住民や行政機関と向き合い、地震や火山の研究の現状を分かりやすく継続的に説明するとともに、地震や火山噴火の仕組み、それによる災害、防災・減災の知識について一層のアウトリーチ活動を推進する必要がある。地震及び火山災害を軽減するには、研究成果の公開にとどまらず、その成果を防災・減災に役立てる取組も重要である。現行計画に参画する研究者は、研究成果の公表だけでなく、研究成果の社会への還元にも一層努力する必要がある。

### 4. 現計画の総括的評価と今後の展望

#### (地震及び火山噴火予知研究の基本方針)

地震予知研究に関しては、平成11年度からの新計画でそれまでの「前兆現象の検出のための観測」を主体とした基本方針を転換し、基礎研究による地震発生過程のモデル化と、モデルとモニタリングに基づく地殻活動予測を基本方針としてきた。また、火山噴火予知研究に関しては、これまで火山観測の強化と火山噴火予知高度化のための基礎研究の推進を両輪として実施してきた。平成21年度からの現行の「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」においても、基本的には新計画の基本方針に沿っており、更に予測システムの開発を明瞭に志向した計画になっている。そのため、現行計画では、計画の実施内容の4つの柱について、

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進
2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進
3. 新たな観測技術の開発
4. 計画推進のための体制の強化

と定め、地震・火山現象予測のための観測研究を第一の柱としている。地震発生予測の研究では数値シミュレーションとモニタリングを、火山噴火予測の研究では、噴火シナリオとモニタリングをそれぞれ両輪として予測を目指している。さらに、予測の基礎となるモデルの構築には、現象解明のための観測研究や観測技術の開発が必要とされ、それらは上記両輪を支えるものとして位置付けられている。

しかし、東北地方太平洋沖地震の発生は、海溝近傍で発生するプレート境界の超巨大地震についての我々の理解が極めて不十分であっただけでなく、その分野に関する研究体制も整っていなかったことを認識させた。我々はこのことを真摯に反省し、研究戦略と研究体制の見直しを行う必要がある。これまでの研究の蓄積によって、プレート境界ではゆっくり滑りとM8以下の地震は

別々の場所で発生していることを明らかにするなど、プレート境界での滑りの多様性についての理解が進んでいた。しかしながら、海溝軸近傍におけるプレート境界では固着が弱いと考えられていたため、超巨大地震の発生の可能性をほとんど追究していなかった。また、観測網は陸上に限られており、海溝付近の固着状態については把握できていなかった。さらに、近代観測が始まって高々100年程度のデータから、地震発生モデルの構築と検証を行っていた。これらのことを反省して、地震予知研究の現状を再度確認し、今後は、低頻度大規模現象理解のための観測研究を強力に推進して、予測の基礎となる新たな地震発生モデルを構築する必要がある。

また、火山噴火予知研究に関しても、「適切な観測体制が取られた火山では噴火時期をある程度予測できる」という現状認識であったが、2011年1月に約300年振りに本格的な噴火を開始した新燃岳では、活動の異常を検出し、噴火の可能性が高まってきたことは把握できていたが、噴火時期の正確な予測には至らなかった。このような現状を踏まえると、噴火に至るまでの現象の理解に基づく火山噴火のモデル化のための研究を一層推進する必要がある。

一方で、地震・火山現象の予測は現行計画の最終的な目標であり、今後もその高度化を着実に進め、予測精度を上げる努力を継続することが重要である。さらに、地震・火山噴火の防災・減災への貢献を志向した研究にも力を注ぐべきである。例えば、強震動、津波、降灰、火山ガス等の地震や火山の災害誘因（ハザード）の評価のための研究や防災情報の高度化の基盤となる研究についても積極的に取り組む必要がある。

#### (地震予知研究計画と火山噴火予知計画の統合)

地震活動と火山活動はどちらもプレートの沈み込みという共通の地球科学的背景を有することから、地震予知研究計画と火山噴火予知計画を統合して共同で研究を進めることは、地震及び火山現象双方の理解に役立つと考えられる。また、研究効率の観点からも、両予知研究で共通の観測システムや研究者などの研究資源を活用できる利点がある。このため、本統合計画では、長期・広域の地震・火山現象の研究について共同で取り組み、上部マントルとマグマの発生場や地震活動と火山活動の相互作用などについて成果が得られつつあるなど、統合の効果が認められる。しかし、両予知研究では直接の研究対象が異なることから、個別の研究課題の多くは現時点では別々に実施され、統合の効果はまだ限定的である。今後は、火山を応力が時空間的に急変するテストフィールドとして地震発生準備過程の研究を行うなど、地震・火山両分野が共同で取り組む研究対象を広げ、地震・火山現象の理解を更に深めていくことが重要である。また、東北地方太平洋沖地震の発生は、広域の地震活動のみならず火山活動にも影響を与えており、巨大地震と火山噴火の相互作用の研究にも速やかに着手する必要がある。

なお、統合計画における研究項目については、地震予測と火山噴火予測の達成度や、それぞれに固有の課題や体制の違いなどにも配慮しつつ、統合の効果が最大限に得られるように、研究項目を再構成する必要がある。

#### (低頻度大規模な地震及び火山噴火現象に対する基本戦略)

2011年東北地方太平洋沖地震の発生により、現行計画では超巨大地震や極大噴火のような低頻度大規模現象についての研究が、質的にも量的にも不足していたことが明らかになった。

低頻度で大規模な地震や火山現象の研究は、通常地震や火山現象に比べて事例や各種のデータが極端に少なく、また研究推進方法も確立していないため、短期間で結果が求められる競争的研究体制では成果が得にくいと考えられる。現行計画のように、研究者の自由な発想に基づき研究推進方法を模索しながら、長期に継続して推進する体制でなければ、低頻度大規模現象の解明や発生予測の研究は成し得ないと考えられる。

現行計画の中でこのような研究を行う場合には、過去の現象や世界の他の地域で発生する現象を研究することにより事例を増やし、理解を深める必要がある。そのためには、地球物理学的観測を主体とした研究だけでなく、地質学分野や考古学分野との連携が一層重要となる。また、



国内の地震・火山噴火だけでなく、海外で発生した低頻度大規模現象についても、積極的に国際共同研究や比較研究を行うことが必要である。さらに、観測研究を補完する理論的研究及びシミュレーション研究や科学掘削などの能動的調査研究も積極的に推進する必要がある。

地震や火山噴火が大規模であれば、観測施設やデータ通信網に大きな障害が出ることも予想される。大規模低頻度現象が継続している期間やその直後の観測データは、希少であり、しかもそれらの現象の発生機構を解明する上で極めて重要であるため、地震及び火山噴火予知研究の基盤となる基盤観測網については、観測施設やデータ通信網の堅ろう化、冗長化が望まれる。また、大規模な機動的な調査・観測を即時的に実施する体制の整備も考慮に入れる必要がある。大規模低頻度現象が発生した後の推移を正確に理解するため、超巨大地震による強震動や津波、広範囲かつ長期にわたって誘発される地震や火山活動に関する研究、巨大噴火により誘発される地震や津波、環境変化等の研究についても連携して推進することが必要である。

#### (国際共同研究の推進)

国際的な共同研究により、国内の地震活動や火山活動と海外の多様な活動とを比較研究することは、地震及び火山噴火予知研究の高度化のために有効である。そのため、これまでも海外で大きな地震などが発生した場合は、科学研究費補助金などにより海外での調査研究を実施してきた。最近では、JST-JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力事業により、インドネシアやフィリピンなどにおいて国際共同研究がなされ、大きな成果を上げている。しかし、これらの多くはいずれも比較的短期間のプロジェクトであるため、研究内容も限られ、長期的な視野に立った観測研究を実施することができず、地震火山活動について十分理解を深めることは困難である。一部の大学では、相手国との協定により国際共同研究を実施すると同時に人材育成に長期的に取り組んでおり、継続的な協力関係が構築され、円滑な国際共同研究が推進されている。このような取組を大学と関係機関が協力して組織的に推進し、相手国・機関との信頼関係や協力関係を長期間継続できる体制の整備が必要である。また、アメリカのように海外の地震や火山噴火に即応して観測支援や国際共同研究を推進する組織が、我が国の地震及び火山噴火予知研究機関にないことも、国際化が進まない一因であり、今後の体制整備とともに、国や在外公館の協力も望まれる。

#### (火山噴火予知研究体制の問題点)

国立大学の法人化以降、火山噴火予知研究計画の中核を担っている大学の観測体制の維持、人材及び予算の確保などが年々厳しい状況になりつつある。予知研究は、長期にわたる観測が不可欠であり、その観測研究基盤は国が責任を持って整備し維持する必要がある。特に、火山噴火予知研究においては、地震調査研究推進本部に当たる政策課題対応型の研究推進体制がないことにより、研究基盤の整備が遅れている。観測研究の推進には火山に特化した基盤的観測網の整備が必要である。そこでは、地震、傾斜、GPS に加えて、空振、映像、磁力、熱、火山ガス等の多項目観測を実施する必要がある。法人化した大学が独自にこれらの観測網を設置し、長期にわたり維持・更新していくことは極めて困難であり、国による計画的な観測研究基盤の整備を着実に進めていくべきである。また、火山噴火予測の高度化のためには、全国の活火山における噴火履歴の調査などを実施する必要がある。これらを組織的・計画的に実施し、火山防災・減災を実現するためには、国が主導する組織・体制を検討する必要がある。

#### (研究成果の社会への還元)

地震及び火山噴火予知研究の成果は、社会へ還元され防災・減災に役立てられなければならない。これまで、地震・火山噴火の予測の実用化による災害の軽減を最終的な目標として観測研究計画を推進してきたが、物理モデルに基づく実用的な予測までの道程は、2011年東北地方太平洋沖地震の発生により、想定していたよりも遠いことが明らかになった。しかし、これまでの観測研究により、地震・火山噴火現象の理解は格段に進み、シミュレーションによる現象の再現は可能になりつつある。これらの成果を踏まえ、他分野との連携も含めた新たな研究項目を取り入れ、

今後も予測のための観測研究を継続することが重要である。

一方、地震発生や火山噴火の予測の実用化で減災に貢献するだけでなく、現在の到達点における研究成果の還元にも、積極的に取り組むべきである。実際、現行計画の成果は、地震の長期評価、地震・津波や火山のハザードマップ（危険度マップ・防災マップ等）、余震の発生確率、伊豆東部火山群における地震の予測的情報、緊急地震速報、噴火警戒レベル等の防災情報の基盤となる科学的根拠を提供し、その高度化に大きな役割を果たしてきた。今後も、地震や火山の災害誘因（ハザード）の評価のための研究や防災情報の高度化の基盤となる研究についても積極的に取り組み、これらの研究成果の社会への還元を通して、地震や火山の防災・減災に貢献すべきである。

## 5. まとめ

現行計画の地震と火山研究の統合によって、地震発生予測及び火山噴火予測に関する観測研究の成果は順調に上がってきた。地震波速度構造や比抵抗構造からマグマ発生・上昇過程の描像が得られるようになり、また、地震と火山の相互作用についての理解が進んだ。今後も地震と火山研究の両分野共同で取り組む研究の範囲を一層広げるべきである。

このうち、地震発生予測研究では、プレート境界での滑りの多様性と相互作用についての研究が進められた。また、地震発生サイクルの理解が進み、シミュレーションの高度化が図られた。さらに、地震発生に及ぼす流体の影響についての理解が進み、内陸地震発生の概念モデルが高度化された。

そして、火山噴火予測研究では、噴火予測システムとして噴火シナリオの作成が行われた。また、マグマ蓄積過程とその多様性の解明が進んだ。爆発的噴火直前の山体膨張から、噴火発生時期と規模の直前予測の可能性が示された。さらに、火山噴火の推移とその多様性の研究が進んだ。海底地殻変動観測や海底地震観測、宇宙技術を用いた新たな観測技術の開発が進み、地殻活動のモニタリングの高度化が図られた。

一方、2011年東北地方太平洋沖地震の発生により、巨大な津波が発生し、甚大な被害が発生した。この地震は我々の認識を超える現象であり、これまでの地震発生モデルの見直しを迫るものであった。このことを踏まえ、地震・火山噴火予知研究の現状を再度確認し、研究戦略の見直しを行った。今後は、超巨大地震のような低頻度大規模現象の理解と予測についても観測研究を強力に推進し、予測の基礎となる新たな地震発生や火山噴火に至る過程をモデル化する必要がある。

現行計画では、地震や火山の現象解明や発生予測研究を通して、社会への貢献を目指してきた。今後は、「社会の中の科学」であることを一層自覚し、地震発生や火山噴火の予測の実用化による災害の軽減を目指すだけでなく、現時点の研究成果を社会に積極的に還元し、地震や火山の災害誘因の評価や防災情報の高度化の基盤となることを通して、地震や火山の防災・減災に貢献すべきである。

## [用語解説]

### ◎ アクロス（震源）

アクロス（ACROSS）は、Accurately Controlled, Routinely Operated Signal Systemの略。日本語では「精密制御定常信号システム」と呼ばれる。アクロスには、地震波（弾性波）を用いたものと電磁波を用いたものがある。そのうちの地震アクロスは偏心した錘（おもり）を精密に回転させることで、数ヘルツから数十ヘルツの周波数の微弱な振動を発生させ、地下に送信する。そして、遠く離れた観測点では、観測された長時間のデータを足し合わせるにより、この送り込まれた微弱な信号を検出する。この微弱な信号の伝わり方の時間変化を調べるにより、プレート境界の状態や断層の状態を監視しようというもの。

### ◎ アコースティックエミッション

岩石や金属などに応力や熱が加えられると、内部に応力集中が生じ、これによって微小破壊などの急激な運動が引き起こされる。このような急激な運動に伴って放射される高周波の弾性波のことを言う。

### ◎ アスペリティ

プレート境界や断層面において固着の強さが特に大きい領域のこと。この領域が地震時に滑ると、滑り量が周りよりも大きくなり、大振幅の地震波を放出する。アスペリティでない領域を非アスペリティといい、非地震性滑りの進行によりひずみを開放している場合もある。

### ◎ アスペリティモデル

非地震性滑りの進行により固着領域（アスペリティ）に応力が集中し、やがて地震発生に至るというモデルをアスペリティモデルと言う。同一地域において異なる大きさのアスペリティが存在して階層構造をしているという考え方もある。

### ◎ アセノスフェア

地球表面を覆う固い層（リソスフェア）の下に存在する、上部マントル中の流動性に富む層。

### ◎ アナログ物質

研究対象とする物質に性質や構造がよく似ている物質のことを言う。研究対象の物質を使って実験を行いたいときに、研究対象の物質を用いた実験が困難であるとき、性質や構造がよく似ている物質であるアナログ物質を用いて実験を行う。

### ◎ アレイ観測

地震計を並べて行う観測。それぞれの観測点の波形を重ね合わせるにより微弱な信号を検出したり，観測点ごとの地震波の到着時間の差から地震波の到来方向を推定したりする。

◎ 異方性

一般には方向によって物性が異なることを言う。振動方向や伝播（でんぱ）方向によって地震波の伝播（でんぱ）速度が異なる現象を意味する。

◎ 宇宙線（ミュオン）

宇宙線が大気中の原子核と反応して生成される二次宇宙線の一つで，地上に絶え間なく降り注いでいる素粒子。透過する物質の密度差によってミュオンの減衰が異なることを利用して，X線の透視撮影のように地殻内部の密度分布を調べる試みがなされている。

◎ 応力

物体内部での力の掛かり具合を示す，物体内部に考えた仮想的な面を通して及ぼされる単位面積当たりの力。震源域の応力が破壊強度より高くなったときに地震が発生すると考えられている。三次元の物質中の任意の応力状態は互いに直交する三つの軸に平行な圧縮と引っ張りで表すことができるが，この三つの軸を応力の主軸と呼ぶ。この三つの軸を基準とし，力の働く面と力の働く方向を九つの成分で表したものを応力テンソルと言う。また，起震応力場という表記によって地震を発生させる応力の方向や状態を示すこともある。また，地震発生前後のせん断応力の応力差を応力降下量と言う。

◎ 階段図

一つの火山や地域内を対象に，噴出時期と積算した噴出物量を両軸にとって作成される階段状の図面。その規則性から将来の噴出時期や噴出量を予想するのに用いる。

◎ ガウジ層

断層運動に伴う破碎によって生じた細粒・未固結の物質からなる層。

◎ 火山灰の移流拡散モデル

噴火によって噴出された火山灰の移動・拡散を予測するモデル。

◎ 火山フロント

火山は，海溝からある距離だけ離れた位置から背弧側に向かって分布する。火山の海溝側の分布境界を，気象の前線になぞらえて火山フロントと言う。

◎ 活褶曲（かつしゅうきよく）

地層が波状に変形した構造を褶曲と言ひ、この変形構造をつくる作用が現在まで継続している場合、その変形構造を活褶曲と言う。

◎ **活断層**

→断層の項を参照。

◎ **カップリング**

プレート境界において沈み込むプレートとその上に横たわるプレートとの固着を指す。プレート間の固着について、完全に固着している状態から、まったく固着せずに滑っている状態までの度合いをカップリング率やカップリング係数として表記する場合もある。

◎ **火道**

地下のマグマだまりから地表へ至るまでのマグマの上昇経路のこと。火道でのマグマの脱ガスや上昇の仕方が噴火の様式を左右する。

◎ **間隙流体圧**

土や岩石中の空隙（くうげき）内の圧力を間隙圧と言ひ、その空隙を流体が占めている時の流体（水）の圧力を間隙流体圧と言う。

◎ **観測点補正**

観測点下の特異な構造のために地震波の到達時間が変わることがある。その観測点における特異な構造によって引き起こされる到達時間の遅れを補正すること。

◎ **機動型 GPS 火山変動リモート観測装置**

電力や通信手段のない火口周辺などにおいても地殻変動連続監視ができるように、GPS 受信機、太陽電池、衛星携帯電話等を合体した観測装置。必要に応じてヘリコプターなどでも運搬できる。

◎ **キネマティック GPS 解析**

GPS を用いた位置の推定の手法で、移動体の時々刻々の位置を相対測位によって決定する解析方法。

◎ **逆解析**

観測データから、それを生じさせる原因となる現象や物質の性質等を推定する解析手法。

◎ **逆断層**

→断層の項を参照。

◎ **強震計**

強い地震動でも振り切れない，強い揺れを記録するための地震計。

◎ **強震観測網**

(K-NET)

防災科学技術研究所が日本全国約 1,000 か所に整備した強震観測網。地表に設置された三成分加速度型強震計は，計測震度計としての機能も有しており，地震発生時の波形データの収集が行われている。

(KiK-net)

防災科学技術研究所が日本全国 700 か所に整備した強震観測網。Hi-net に併設される形で，深さ約 100 m 程度の縦孔の底部と地表の両方に，三成分加速度型強震計が設置され，地震発生時の波形データの収集が行われている。

◎ **強震動**

強震動とは，建物に被害を及ぼす強い揺れを指し，各地点の揺れ方は，震源の大きさや断層の破壊の進行方向，地震波が伝わる経路，観測点の地盤の特性などによって大きく変わる。

◎ **共同利用・共同研究拠点**

文部科学省が，平成 20 年 7 月に科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会の報告を踏まえて学校教育法施行規則を改正し，国公立大学を通じた，共同利用・共同研究を推進するシステムとして，新たに文部科学大臣によって設けられた認定制度。

◎ **空振計**

火山などの噴火の際には，急激な気圧変化による空気の振動が発生する。このような空気の振動を捉える計測器。

◎ **クラック**

岩盤の中に存在する割れ目。

◎ **クリープ現象**

地震のように，急激で大規模な運動（地震）とは異なり，非地震性の非常にゆっくりとした滑りや変形を継続して起こすこと。

◎ **傾斜計**

岩盤の傾きの程度を測定する計器。

◎ **コア試料**

掘削により採取した岩石試料。

◎ 広角多重散乱

散乱が一回限りでなく複数回散乱されるものとし、個々の散乱の際の散乱の角度が大きい場合を考慮した散乱。

◎ 高感度地震観測網

防災科学技術研究所が日本全国約 800 か所に整備した地震観測網 (Hi-net)。深さ 100 メートル程度の縦孔の底部に、固有周期約 1 秒の三成分高感度速度型地震計が設置され、連続データのリアルタイム収集が行われている。

◎ 孔井式地震計

地下に掘られた掘削孔のなかに設置する目的で開発された地震計。地表に比べ地下で観測を行ったほうがノイズの軽減が期待できるため、このタイプの地震計の開発が行われた。

◎ 構造探査

ダイナマイト等人工震源を用いて、振動を発生させ、その振動をいろいろな地点で観測して、地震波の伝播 (でんぱ) 速度や減衰などを調べることにより地下の構造を明らかにする調査手法。

◎ 広帯域地震観測網

防災科学技術研究所が日本全国約 70 か所に整備した広帯域地震観測網 (F-net)。奥行き 50 m 程度の横坑の最奥部に、固有周期 120 秒または 360 秒の三成分広帯域速度型地震計、及び三成分速度型強震計が設置されており、連続データのリアルタイム収録が行われている。

◎ 国際 GNSS 事業

国際 GNSS 事業 (International GNSS Service) は IGS とも呼ばれ、国際協力の下に GPS などの測位衛星の観測や解析を行い、主に衛星の軌道情報や地球回転パラメータなどを計算し、インターネット等で公開している、国際測地学協会 (International Association of Geodesy) の事業である。

◎ 国際 VLBI 事業

VLBI は巨大なパラボラアンテナを使って、地球上での正確な位置を求め、日本列島のプレート運動を監視しているほか、地球の姿勢情報など地球環境自体に関する基本量を提供している。VLBI 観測は、高度な技術と長期の国際協働を必要とする国家事業であり、VLBI の国際観測を推進するための組織として、国際 VLBI 事業 (IVS) は 1999 年に設立された。IVS には主要国の測量・宇宙関連機関が参加しており、日本では国土地理院が設立当初から参加し、IVS の中核機関として、観測や技術向上に大きく貢献している。

## ◎ 国際レーザー測距事業 (ILRS)

ILRSはInternational Laser Ranging Serviceの略。SLR(衛星レーザー測距であり、離れた地上の2点からレーザー光線を発射し、人工衛星からの反射時間を測定することにより、衛星の軌道が詳しく分かっている場合には、2点間の距離を1~2 cmの精度で測定することができる。)の観測成果を測地学や地球物理学の研究に有効に活用するため、国際レーザー測距事業が組織されている。ILRSでは、SLRの観測データが均質となるようSLR観測の標準化が進められ、測地学的・地球物理学的成果がより豊富に得られるよう観測する衛星の優先度や観測方法を推奨している。また、ILRSの下でSLRデータの収集と解析がなされ、地球回転パラメータ、地球基準座標系をはじめ、様々な解析結果が出されている。

## ◎ 古地震調査

地震発生の長期予測を行うにあたり、過去における地震の履歴を知ることが大変重要であるが、近代的な地震観測が開始されてから100年程度であるため、計測学的な資料が得られる期間は、ごく最近に限られる。そのため、それよりも古い時代の事柄について歴史学、考古学、地形学、地質学、地球物理学等様々な方法を駆使して、過去に発生した地震を調べることを言う。

## ◎ コックステールジェット

火口から灰色のもくもく噴煙が上昇するマグマ噴火に対して、水蒸気爆発のように、水が関与する噴火では、黒っぽい土砂混じりの噴煙が火口から放出される。その飛跡がおんどの尾のように見えることからコックステールジェットと呼ばれている。

## ◎ 個別要素法

個別要素法は、解析の対象を自由に運動できる多角形や円形・球の要素の集合体としてモデル化し、要素間の接触・滑動を考慮して、各時刻におけるそれぞれの要素の運動を逐次追跡して解析する手法。

## ◎ サイト増幅係数

地震の時の各地点(サイト)の地盤の揺れは、地震動の周波期や、その土地ごとの表層の地盤の性質や厚さに関係してくる。地震波が地表面に達する時、表層地盤と呼ばれる、浅い地下にある地層の構造や地震波の入射角度によっては、振動振幅(揺れ)が大きく増幅されることが判明している。このような各地点の増幅の度合いを算出したもの。

## ◎ 散乱トラップ

地震波が構造による不均質物質と衝突あるいは相互作用して方向を変えられることを散乱といい、その散乱現象によって波のエネルギーが周囲に余り伝播(でんぱ)されずに閉じ込められること。



## ◎ 地震・火山噴火予知研究協議会

地震及び火山噴火予知研究を行っている全国の大学・研究機関が、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」（科学技術・学術審議会 平成 20 年 7 月 17 日建議）で立案された研究を、連携と協力関係を強化して推進するために設立された組織。

## ◎ 地震サイクル

広域の応力によってゆがみが蓄積した断層面が破壊してずれ動き、地震が発生する。その後にも地震前と同様な広域の応力が働き続けることによって再びゆがみが蓄積され、次の地震が発生するまでの一連の過程。また、地震の規模によってプレート境界面での地震発生間隔が異なり、同一地域においても、地震の大きさによって発生間隔が異なることがあり、地震の大きさに伴った発生間隔の階層性を形成する。このことをサイクルの階層性と呼ぶ。

## ◎ 地震調査研究推進本部

行政施策に直結すべき地震に関する調査研究の責任体制を明らかにし、この調査研究を一元的に推進するため、地震防災対策特別措置法に基づき総理府に設置（現・文部科学省に設置）された政府の特別の機関。

## ◎ 地震波干渉法

地震波干渉法は、物理探査における信号処理技術の一つである。地中の波動場を異なる 2 地点で同時に観測した場合、それらの地震波形の相互相関処理を行うことにより、地下構造のイメージングや物性解析など様々な解析が行える手法。

## ◎ 地震波形逆解析

地震波形インバージョン解析とは、初期モデルを与え理論波形を計算し、観測波形との差を最小化するようにモデルを更新することにより正しい解を求める手法。

## ◎ 地震発生過程

広域の応力によって非弾性的な変形が進行して、特定の震源断層に応力が集中し地震に至る過程。

## ◎ 地震波トモグラフィー

地震波を用いて地中の二次元または三次元の物理量の分布を求める手法。地震波速度や減衰構造の推定によく用いられる。近接する地震の走時の差を利用することにより、震源域周辺の地震波速度構造を高精度で推定する方法を二重時間差トモグラフィーと言う。

## ◎ 沈み込み帯

プレートの収束境界で、一方のプレートが他方のプレートの下へと沈み込む地帯。冷たくて重い海洋プレートが、大陸プレートなどのより軽いプレートの下へ沈み込む。

◎ 斜長石

斜長石は、地殻を構成する主要な鉱物の一つで、火山岩に多く含まれる。ナトリウムとカルシウムを含む長石。

◎ 蛇紋岩

主に蛇紋石からなる岩石。上部マントルの主要な鉱物であるかんらん石が、水を含んで変質し蛇紋石になる。蛇紋石化すると強度が小さく変形しやすくなる。

◎ 重力

重力とは、物体に働く力で、地球による引力と地球回転による遠心力を合わせたもの。物体の下にある地球を構成する物質の質量の分布と、物体の周辺の質量分布による。

(絶対重力)

観測点における重力加速度を指す。

(相対重力)

ある地点、あるいはある時刻での重力値を基準として、そこからの重力の変化量の値を指す。

◎ 準静的

ゆっくりと時間変化する系において、ある瞬間においては静釣合いが成立している状態を言う。

◎ 準備過程

(地震準備過程)

地震発生直後から次の地震発生に至るひずみエネルギーの蓄積と応力集中の過程。

(火山噴火準備過程)

火山噴火は、火口から溶岩や火山ガスが急激に地表に放出される現象である。その過程としては、地下深部で発生したマグマが、マントルや地殻内を上昇し、地殻浅部にマグマだまりとして蓄積される。さらに、内部の圧力が高まる等の理由で、マグマが地表へ移動し溶岩や火山ガスとして噴出する。このように噴火に至るまでの一連の過程のこと。

◎ 震源核形成過程

地震が発生する前に断層面上で準静的に成長すると考えられている地震の種を震源核と呼び、震源核が作られる過程を言う。

◎ 震源過程

地震は震源域内部で、ある種の破壊が発生することにより起こる。この破壊過程のことを震源過程と言う。

◎ **震源断層**

→断層の項を参照。

◎ **ステップ変動**

連続している観測データが、地震など他の原因により観測値が階段状に跳んで記録されること。

◎ **滑り欠損**

プレート境界の変位を考えた時、プレートの収束運動から期待される量から、実際に生じているずれの大きさを減じた量。欠損が大きいとはプレート間が固着していることを意味する。

◎ **スラブ**

マントル内部に沈み込んだ海洋プレートをスラブと言う。

◎ **静岩圧**

重力による力だけを考えたときに地下の岩石に働く3つの法線応力成分の平均を指す。

◎ **制御震源**

地殻構造等を調べる目的で地震波を人工的に発生させる装置。爆薬や水中に圧縮空気を放出するエアガンなどがある。

◎ **正孔電荷キャリア**

電荷キャリアとは物理学において電荷を運ぶ自由な粒子を指し、その粒子が価電子帯の空席になっている部分（正孔）を移動する。

◎ **脆性破壊（ぜいせいはい）**

塑性変形を起こす前に破壊に至る現象。

◎ **正断層**

→断層の項を参照。

◎ **静的応力変化**

力の釣合いを考えた時に、物体の運動による影響を無視した時の釣合いを静的平衡状態と言う。静的平衡状態の下に働く応力の変化を静的応力変化と言う。

◎ **赤外多波長観測**

可視光域から熱赤外域を複数の周波数帯域に分割し、それらの帯域を用いて火山などの表面温度を調べる観測。

◎ **セグメント**

巨大な断層で地震が起こる場合には、断層全体がいっぺんに動くとは限らず、幾つかの区分に分かれた振る舞いをする。このように、断層運動する際にまとまった振る舞いをする区分をセグメントと呼ぶ。

◎ **絶対重力**

→重力の項を参照。

◎ **先行過程**

地震発生の直前に発生する物理現象や化学現象の進行・発展の過程。

◎ **浅層反射法地震探査**

反射法地震探査とは、地表の近くで人工的に発生させた振動（弾性波）が、地層境界面（速度と密度が変化する面）で反射して、再び地表へ戻ってきたところを捉え、解析することにより、地下構造を解明する手法。反射波の到達時間と振幅を処理／解析することにより、地下の速度構造と地質構造形態（地層の重なり具合）が明らかになる。浅層反射法地震探査は、地下浅部を詳細に探査するもの。

◎ **せん断**

物体内部のある面の平行方向に、滑らせるように作用すること。「せん断応力」とも言う。また、その力による変形を「せん断ひずみ」と言う。ある面に働くせん断応力が最大静摩擦応力より大きくなるとずれが生じる。その他、「積荷せん断応力」や「残留せん断応力」のように使うことがある。

◎ **相対重力**

→重力の項を参照。

◎ **素過程**

地殻・上部マントル構成物質の変形・破壊について、その基となる物理的や化学的な現象の進行・発展の過程。

◎ **塑性（そせい）**

物体に外力が加わったときに生じる変形のうち、外力が取り除かれた後、元に戻る変形を弾性変形と言う。これに対して、元に戻らずに残っている変形を塑性変形と言う。

◎ **大気荷重効果**

大気も重力に影響を及ぼし、観測点上の高気圧が引力として重力を小さくする方に働くとともに、大気による地殻の荷重変形の影響による効果がありこれらを大気荷重効果と呼ぶ。

◎ **大気遅延勾配**

観測点周辺の大気による伝播（でんぱ）の遅延の方位角依存性を指す。

◎ **大深度ボアホール**

地下深部の情報を取得するために掘削してできた円筒状の穴をボアホールと言う。ボアホールの直径は10～20 cm程度のもが多いが、深いものほど入り口を大きくするのが普通である。ボアホールは地下の岩石を取得する目的の他、地下深部での地震計やひずみ計などの計測機器の設置、応力測定などに利用される。このボアホールのうち通常1000 m以上の深いものを指す。

◎ **帯水層**

地下水によって飽和した透水性の良い地層や岩盤の割れ目帯。

◎ **堆積層補正**

各観測点下に存在する堆積層のような地震波の伝播（でんぱ）速度の遅い層は、地震波の到達時刻に大きく影響し、震源決定のような他の観測点のデータと併合処理をする際に悪影響を及ぼす。そのため、各観測点における堆積層の影響を補正する必要がある。この補正を堆積層補正と言う。

◎ **体積ひずみ計**

地下の岩盤の伸び縮みを体積変化として地上で検出する目的で作られた計測器。

◎ **ダイナミックレンジ**

信号の再現能力を表す数値で、最小値と最大値の比率を表したもの。ダイナミックレンジの値は、計測器がどれだけ細かい信号まで再現できるかを示し、実質的に利用できる分解能の高さを意味するものである。

◎ **卓越周波数**

地震波のような不規則波に含まれる周期(または振動数)成分のうち、頻度または振幅が他の周期と比較して卓越しているもの。

◎ **弾性層/弾性－粘弾性構造**

地殻の上部は弾性的性質（外力によって変形した物質が、そのひずみを元に戻そうとする力を生じる性質）を持つが、深部になると粘弾性的性質（粘性と弾性の二つの

性質を併せ持つこと)や塑性的性質(力を加えて変形させたとき、永久変形を生じる物質の性質)を持つ。地殻の弾性層とは、地殻のうち上部の弾性的性質をもつ領域。

## ◎ 弾性波

外力によって変形した物質が、そのひずみを元に戻そうとする力を生じる性質を持つ媒質を弾性体と呼ぶ。弾性体の中を伝わる弾性変形の波を弾性波と言う。弾性波には縦波と横波とがあり、縦波は体積変化を伴う疎密波であり、横波は体積変化を伴わないずれ変形の波である。

## ◎ 断層

断層とは、地下の地層もしくは岩盤に力が加わって割れ、割れた面に沿ってずれ動いて食い違いが生じた状態。

### (活断層)

地質時代で言う第四紀後期(数十万年前～現在)に繰り返し地震を発生させ地表近傍まで食い違いを生じてきた断層。今後も同様の地震を発生させると考えられる。

### (逆断層)

断層面に沿って主として上下方向にずれた断層で、上盤(断層面の上側の地塊)側が相対的に上向きにずれた断層のこと。

### (震源断層)

地震を起こした断層のことをいい、通常は地下にあり、大きな地震では複数の断層が連動して動くことがある。また、断層面から枝分かれした断層を分岐断層と言う。

### (正断層)

断層面に沿って主として上下方向にずれた断層で、上盤(断層面の上側の地塊)側が相対的に下向きにずれた断層のこと。

### (横ずれ断層)

断層面に沿って主として水平方向にずれた断層で、断層を挟んで他方を見た場合に、他方が右にずれていれば右横ずれ断層、左にずれていれば左横ずれ断層と言う。

## ◎ 地殻

地球を構成する大きな成層構造のうち、一番外側の層で、地表または海底からマントルとの境界面であるモホロビッチ不連続面までの層を指す。

## ◎ 長期評価

主要な活断層で発生する地震や海溝型地震を対象に、地震の規模や一定期間内に地震が発生する確率を予測したものを「地震発生可能性の長期評価」(長期評価)と呼ぶ。

## ◎ 長周期地震動

地震発生時に通常の震動とは異なり、数秒～数十秒周期でゆっくりと揺れる震動のことを言う。

◎ 超低周波地震

低周波の地震波に卓越し、短周期地震波をほとんど放出しない地震。南海トラフ沿いに、この超低周波地震が広い範囲で分布することが知られている。

◎ 津波堆積物調査

過去の巨大津波によって堆積された、沿岸低地の地層に残されている砂層の調査。

◎ データ同化

複雑な現象の高精度予測のために、数値シミュレーションの結果として得られる物理量が観測データをなるべく再現できるように、適切な初期値や境界値、各種パラメータを推定すること。

◎ テレメータシステム

遠隔地等における様々なデータを無線や電話線等の通信手段を利用して、受信器に送って記録させる計測システム。遠隔地の情報を収録地において一括して把握することができる。

◎ 透水係数

地層や岩石などの水の通しやすさを表す係数。単位断面積を単位時間に通過する流量と水圧勾配の比として定義される。

◎ 動的破壊

地震波を放射するような高速で伝播（でんぱ）する破壊。

◎ トレンチ調査

断層面を横切る方向に細長い溝を掘り、断層を観察して断層のずれ方や地層の年代を測定し、断層の動いた年代や周囲の環境を調べる調査。

◎ 内陸地震

プレートのぶつかり合いで生まれた力（ひずみ）は、プレート境界から離れた陸のプレートの内部である日本列島の内陸部にも働き、ひずみが蓄積して岩盤を破壊する地震が発生する。このような理由で発生した地震を内陸地震と言う。

◎ 粘性緩和

地震などによって大きな力を受けた時、この力を緩和するように変形すること。

◎ 粘弾性（層）

物質に加える力と変形量が時間に依存せず一対一に対応する弾性的性質と、力を加えると時間とともに変形が進行する粘性的性質とを併せ持つ性質。地下深部の高温化の岩石は粘弾性的性質を持つと考えられており、このような層を粘弾性層と言う。

◎ **破壊核**

大きな地震が発生する際に、震源となる断層の破壊を誘導する微小な割れ目のこと。

◎ **発震機構解**

地震の起こり方を意味するが、地震波の放射パターンなどから求められる震源断層の走向、傾斜角、滑り角を指す場合が多い。断層に働いていた力の方向を知る手掛かりになる。

◎ **反射帯**

地震波を反射する層が幾重にも重なっていること。

◎ **反射法地震探査**

反射法地震探査とは、地表の近くで人工的に発生させた振動（弾性波）が、地層境界面（速度と密度が変化する面）で反射して、再び地表へ戻ってきたところを捉え、解析することにより、地下構造を解明する手法。反射波の到達時間と振幅を処理／解析することにより、地下の速度構造と地質構造形態（地層の重なり具合）が明らかになる。

◎ **斑晶**

斑晶は火山岩中でより大きな結晶のことで、マグマが冷え固まる前に既にマグマだまり内で結晶となっていたもの。

◎ **半無限媒質モデル**

同じ物理的性質を持つ媒質が続いていることを仮定したモデル。

◎ **ピクセルオフセット解析**

2枚の SAR（SAR の項参照）振幅画像中の画素の位置のずれから地殻変動分布を抽出する解析。

◎ **非地震性滑り**

地震波を放出しない、断層面やプレート境界面でのゆっくりとした滑り。

◎ **ひずみ**

岩盤（プレート）などが変形する際の、変形の大きさをひずみと言う。単位長さ当たりの変位で定義される、変形の度合いを表す物理量。



◎ ひずみ集中帯

測地観測や地形から推定される地殻ひずみが大きい領域。新潟-神戸ひずみ集中帯など。

◎ 非線形

線形でないことを意味する。線形とは、応答する量が入力の変化の量に比例する関係を言う。簡単に言うと原因と結果の間に「重ね合わせ」の関係が成り立たないような場合を指す。

◎ 非線形応答 / 非線形挙動

軟弱な地盤において地震動が非常に大きくなったり小さくなったりすること。

◎ 非弾性変形

外力によって変形した物質が、そのひずみを元に戻そうとする力を生じる性質を弾性といい、そのような性質でないものを非弾性と言う。非弾性で媒質が変形することを非弾性変形と言う。非弾性的性質には、粘性や塑性などの性質が含まれる。地殻の上部は主に弾性的性質を持つが、深部になると粘弾性的性質や塑性的性質を持つことが知られている。内陸地震の発生のメカニズムを理解するためには、粘弾性的性質や塑性的性質を持つ層の影響を理解することが重要であると考えられている。

◎ 比抵抗

単位断面積、単位長さ当たりの電気抵抗値。電気伝導度の逆数。

◎ 付加体泥岩

海溝で海洋プレートが沈み込む際に、沈み込むことができなかったプレート上の堆積物等が、上盤プレートの先端に押し付けられてできた地層を付加体といい、その付加体が泥岩（泥が固結した堆積岩）であるもの。

◎ 不均質粘弾性媒質

不均質な粘弾性（物質に加える力と変形量が時間に依存せず一対一に対応する弾性的性質と、力を加えると時間とともに変形が進行する粘性的性質とを併せ持つ性質）媒質。

◎ 不透水層

地下水を通過させにくい、またはさせない地層。

◎ プレート境界地震

プレート境界に沿ってずれの生ずる地震。震源断層がプレート境界に一致する地震。

◎ プレスリップ

地震が発生する際に、本震に先駆けて起こるある程度の大きさを持つ滑り現象のこと。

◎ **噴火警戒レベル**

活動的火山に関して、火山活動の状況を噴火時等の危険範囲や必要な防災対応を踏まえて5段階に区分したもの。気象庁が火山活動度レベルに代えて平成19年12月1日より導入した。

◎ **噴火事象系統樹**

火山ごとに、複数の可能性のある噴火現象の時間的推移を分岐させて作成した噴火の推移を示す系統樹。

◎ **噴火シナリオ**

火山ごとに、噴火で想定される現象の発生推移を時系列的に整理したもの。規模や現象発生パターンなどの分岐判断について示した系統樹を指すこともある。

◎ **噴火の様式**

噴火では、上空への火山灰放出、地表を流れる火砕流や溶岩、山体陥没など様々な形態をとる。そのような様々な形態を噴火様式としている。

◎ **ポアッソン比**

弾性体のある方向に圧縮すると、圧縮方向に縮むとともに、圧縮軸と直行する方向に伸びる。この時の伸びと縮みの変形量の比をポアッソン比と言う。

◎ **マウントルウェッジ**

沈み込むプレートと陸域プレートに挟まれた陸側のマントル部分。通常、沈み込むプレートが角度を持って沈み込んでいるので、くさび状の形状をなしている。

◎ **マグマだまり**

火山活動の源であるマグマが地下で蓄積されているところ。火山やカルデラの直下にあると考えられているが、その正確な形状や内部構造は分かっていない。

◎ **摩擦係数**

2つのプレートが接して運動するとき、両面間に生ずる摩擦力と接触面に直角に作用する力との比。

◎ **摩擦構成則**

摩擦力を滑り変位や滑り速度などの関数として記述したもの。断層面上の摩擦を滑り変位や滑り速度などの関数として記述したものを断層摩擦構成則、摩擦係数が滑り速度や滑りの履歴に依存するとした摩擦法則を速度・状態依存摩擦構成則と言う。

◎ マルチパス

GPS 測位において衛星からの電波が地表にある物体などに当たって反射したものが一緒に観測されることがある。このことによって測位の誤差となる。これらの誤差要因をマルチパスと言う。マルチパスによる反射波は、衛星からの直接波よりも長い経路を通ってくるために、コードの到達時間の遅れ、搬送波位相の遅れ、受信強度の変動を生じる。

◎ マントル

地殻の下にある深さ約 2,900 km までの固体層。その上部は、かんらん岩を主成分とする岩石で構成されている。

◎ (地震) モーメント

地震モーメントとは、地震の大きさを示す指標の一つで、断層運動によって解放されるエネルギーの大きさに関係している。地震モーメントの大きさは、断層面の剛性率と断層面積と断層面での滑り量の平均値の積で表される。

◎ モーメントテンソル

モーメントテンソルとは、断層に働く力を、力が働く面と力の働く向きに分解して表したもの。このモーメントテンソルを用いて地震の発震機構を表す方法として CMT 解がある。

◎ モーメントマグニチュード (Mw)

従来の地震のマグニチュードの決定においては、大規模な地震においては飽和してしまうという問題があった。そのため、従来のマグニチュードは地震を起こす断層運動のモーメント ( $M_0$ ) と関係があることを利用し、新たに大規模な地震でも値が飽和しにくいスケールのモーメントマグニチュード ( $M_w$ ) が定義された。 $M_w$  と  $M_0$  には関係式が定義されている。

◎ モホ面

モホロビッチ不連続面ともよばれる。地殻とマントルの境界面である。この境界面を境にして地震波の速度が大きく変わるために、屈折波や反射波などによって容易に検出できる。

◎ 有限要素法

数値解析手法の一つ。解析的に解くことが難しい微分方程式の近似解を数値的に得る方法の一つである。構造解析分野への応用がなされ、対象の構造に外力が加わって変形する場合などを解析する際に用いられる。

◎ 有効法線応力

面の両側から押し合う方向に働く圧力で応力の面に垂直な成分を法線応力と言い、法線応力から間隙水圧の影響を引いた値。断層のせん断強度は有効法線応力に比例すると考えられている。

◎ (短期的・長期的) ゆっくり滑り

一時的に断層やプレート境界で生じる，地震に比べてはるかにゆっくりとしたせん断滑り。地震波を放出しない，断層面やプレート境界面でのゆっくりとした滑り。ここでは，継続時間が数カ月以上のものを長期的ゆっくり滑り，それ以下のものを短期的ゆっくり滑りと呼ぶ。

◎ 溶結凝灰岩層

堆積した火砕流堆積物とその熱と荷重によって圧縮され溶結した凝灰岩が作る地層。不透水層となりやすい。

◎ 余効滑り

地震の後に震源域あるいはその周辺で発生するゆっくり滑り。

◎ 余効変動

地震の後に震源域あるいはその周囲で発生する地殻変動。

◎ 横ずれ断層

→断層の項を参照。

◎ リフト

マントルやマグマの上昇に伴い地殻表面に伸張作用が働いてできた，溝状の長く伸びた地形を指す。

◎ レーザー式伸縮計

レーザー光の照射光と反射光との干渉縞（じま）を計測して反射体との間の距離変化を精密に計測することによって岩盤の伸び縮みを測る測器。

◎ レオロジー

物質の流動と変形に関する科学。地下深部での高温高压下での流動や変形に関する岩石の振る舞いを指す。

◎ レシーバ関数解析

地震波が地下構造の不連続面を通過するときに，違う種類の地震波に変換する性質を利用して地下構造を詳しく調べる手法。

◎ AE

→ Acoustic Emission の略。アコースティックエミッションの項を参照

◎ ALOS

陸域観測技術衛星 (Advanced Land Observing Satellite) の略。日本名「だいち」のこと。地図作成, 地域観測, 災害状況把握, 資源探査等を主目的とし, 2006年1月に打ち上げられた世界最大級の国産衛星。昼夜・天候によらず陸地の観測が可能なLバンド (波長 23.6 cm) の SAR センサー (PALSAR) および2種類の光学センサーを搭載している。

◎ AMT 法

→MT の項を参照

◎ ASTER

可視から熱赤外までの14バンドと立体視センサーを有する国産高性能光学センサーである (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) の略。地形や地質, 高温域までの温度分布, 二酸化硫黄ガスの分布を15~90mの空間分解能で抽出することができる。

◎ A型地震

火山体やその周辺のやや深部 (1~10km) で発生するP波やS波の相が比較的明瞭な火山性地震。

◎ b 値

地震の規模 (マグニチュード  $M$ ) ごとの地震の発生度数  $n(M)$  はグーテンベルグ・リヒターの式である  $\log n(M) = a - bM$  ( $a, b$  は定数) に従うことが知られている。この時の定数  $b$  の値を  $b$  値といい, 通常は0.7~1.0程度の値を示す。

◎ CMT 解

Centroid Moment Tensor 解の略。地震波形データを用いて震源過程全体を時空間の1点で代表させた場合のその位置, 発震機構などを求めた解。

◎ CSEP

Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability の略。客観的かつ透明性のある地震予測実験を実行できる研究基盤環境を作り, その過程において地震の予測可能性を探るための国際研究計画。

◎ F-net (Full Range Seismograph Network of Japan)

→広帯域地震観測網の項を参照。

◎ GEONET

GNSS 連続観測システム (GNSS Earth Observation Network) の略称で国土地理院が運用している。日本全国 1240 点の観測点 (電子基準点) とデータ管理・解析処理を行う GEONET 中央局からなり、地殻変動監視と測定の基準点の役割を持つ。

◎ GPS

Global Positioning System の略。汎地球測位システム。地上高約 20,000 km の高度を航行する GPS 衛星からの電波を地上で受信し、三次元的な位置と時刻を正確に計測するシステム。地殻変動計測には干渉測位と呼ばれる電波の位相を用いた相対測位法が用いられる。

◎ GPS—音響測距結合方式

海底の地殻変動を観測するための手法の一つ。海上の船舶やブイの位置を GPS によって精密に決定し、それらと海底に設置された基準点との距離を海中音波を用いて測定することにより、間接的に基準点の変動を推定する。

◎ Hi-net (High Sensitivity Seismograph Network Japan)

→高感度地震観測網の項を参照。

◎ K-NET (Kyoshin Network)

→強震観測網の項を参照。

◎ KiK-net (Kiban-Kyoshin Network)

→強震観測網の項を参照。

◎ MT

MT は Magneto Telluric の略。MT 法は、地表において地球磁場の時間変化とそれによって地球内部に誘導される電場の変動を同時観測することにより地下の比抵抗構造を推定する方法である。火山周辺などの地表で磁場と電場の変動を同時に測定し、両者の直交成分の比から、地下の電気比抵抗構造を推定する。火山活動に伴うマグマや熱水の存在領域やその変化を捉えるのに適している。10<sup>-3</sup> Hz から 10<sup>3</sup> Hz までにわたる広い周波数帯域を用いるものを広帯域 MT 法と呼び、可聴波周波数帯域 (およそ 10<sup>5</sup>~10<sup>0</sup> Hz) の電磁場変動を信号源とする AMT 法 (Audio-Frequency Magnetotelluric 法) もある。AMT 法は比較的浅い部分の比抵抗構造を高い分解能で探査できる。

◎ NB 火口

有珠山の 2000 年の噴火でできた西山西麓にある火口の一つ。

◎ Pa

PaはPascalの略。パスカルは、国際単位系（SI）の圧力・応力の単位。1パスカルは、1平方メートル（ $m^2$ ）の面積につき1ニュートン（N）の力が作用する圧力又は応力と定義されている。

◎ PALSAR

PALSARはPhased Array Type L-band Synthetic Aperture Radarの略。ALOSに搭載された合成開口レーダー。高分解能モードと広観測域モードを持ち、オフナディア角（衛星の鉛直直下方向と衛星視線方向とのなす角）を変化させることができる。フェーズドアレイ式Lバンド合成開口レーダーとも言う。

◎ SAR

SARはSynthetic Aperture Radarの略で合成開口レーダーのこと。人工衛星や航空機などに搭載されたレーダーの移動により大型アンテナと同等の高い分解能を実現したレーダーシステム。干渉SAR（Interferometry SAR, InSAR）は、2時期の観測データの差をとる（干渉させる）ことにより地表面の変動を詳細に捉える手法である。

◎ ScanSAR

レーダーの照射方向を変化させながら観測することにより、広範囲を一度に観測するモード。「だいち」のScanSARモードでは、電波照射方向を最大5段階に変化させることにより、約350 kmの観測幅を実現している。

◎ SLR

SLRはSatellite Laser Rangingの略で人工衛星レーザー測距のこと。人工衛星に搭載した逆反射プリズム（コーナーキューブ）に対して、地上基地局からレーザー・パルスを発射し、そのパルスの往復時間から衛星までの距離を1センチメートル程度若しくはそれより良い精度で求める技術。

◎ S波コーダ部分

直達S波の後ろには、かなり振幅が大きく一見ランダムな位相を持った波群が、かなり長い時間に渡って続いている。この地震記録に表れる波群をS波コーダ部分と呼ぶ。

◎ VHF帯

VHFはVery High Frequency bandの略で超短波を意味する。VHF帯は30 ～ 300 MHzまでの周波数の電波の帯域を指す。

◎ VLBI

超長基線電波干渉法（Very Long Baseline Interferometry）の略。クエーサー（準恒星状天体）から放射される宇宙電波を数千キロメートル離れた複数の観測点で同時に受信し、その到達時間差から観測点間の距離や位置関係を測定する。

◎  $V_p / V_s$

地震波のP波とS波の伝播（でんぱ）速度の比のこと。通常岩石は、1.7～1.8程度の値をとることが多い。岩石の鉱物組成，割れ目の量・形状，割れ目内の流体の性質等によって，この値が変化するため，地下の岩石や流体の状態・性質を調べるための有用な情報となる。

◎ VSAT 衛星通信

VSATとはVery Small Aperture Terminalの略で，衛星通信で用いられる電波を地上で受ける基地局（地球局）のうち，口径が極めて小さなパラボラアンテナを使用する地球局の総称である。VSATで使用されるアンテナの口径は1.2 m程度であり，通常の衛星通信で使用される数十 m クラスのアンテナに比べると極めて小型になっている。VSATを用いた衛星通信は地震や火山の観測に用いられ，リアルタイムでのデータの伝送が行われている。



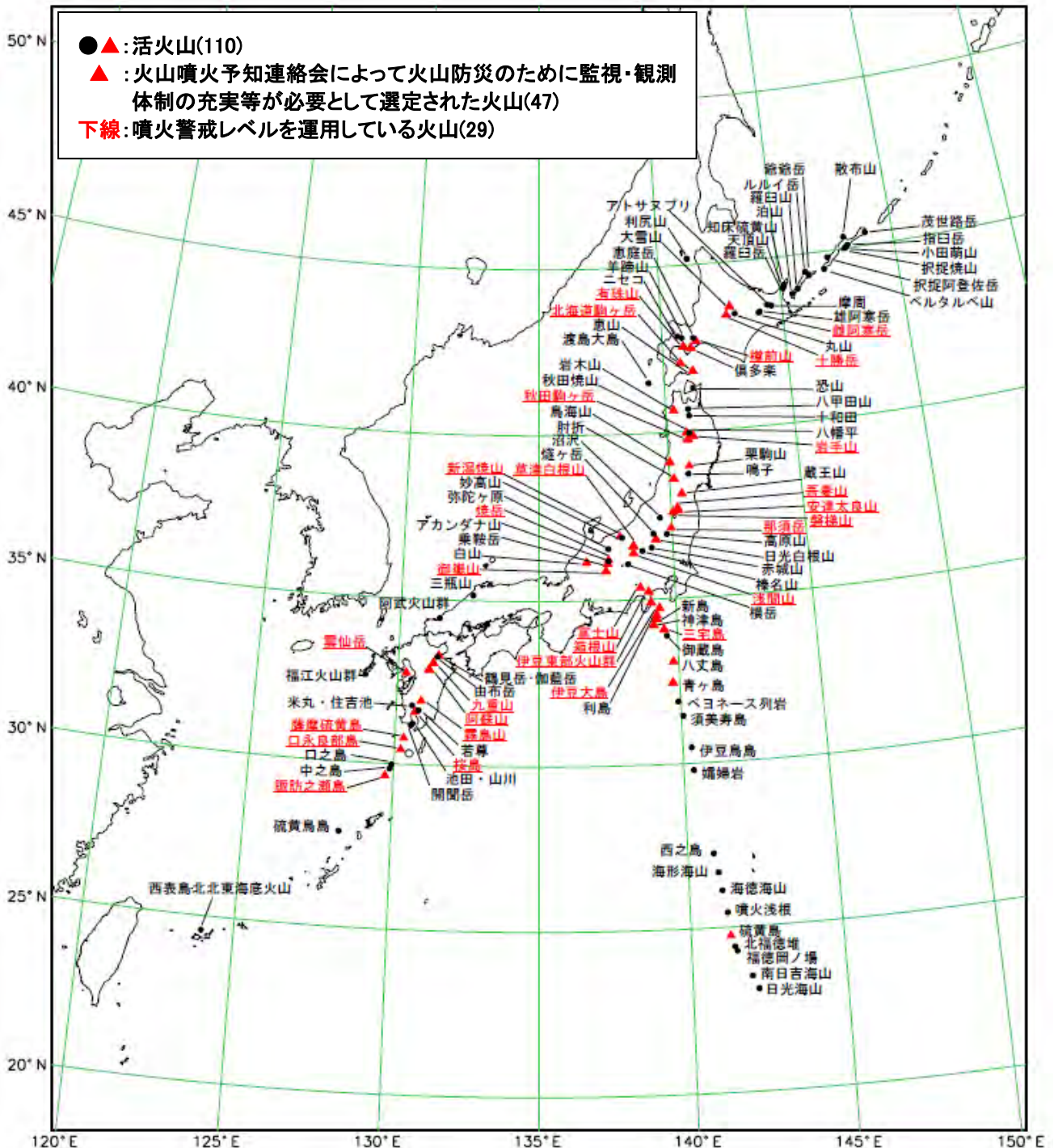
# 1. 地震関係観測点一覽

観測項目	関係機関名	昭和 40年度	昭和 41年度	昭和 42年度	昭和 43年度	昭和 44年度	昭和 45年度	昭和 46年度	昭和 47年度	昭和 48年度	昭和 49年度	昭和 50年度	昭和 51年度	昭和 52年度	昭和 53年度	昭和 54年度	昭和 55年度	昭和 56年度	昭和 57年度	昭和 58年度	昭和 59年度	昭和 60年度	昭和 61年度	昭和 62年度	昭和 63年度
大・中・ 小地震	気 象 庁	109	109	107	107	109	109	109	109	110	110	112	115	115	115	129	140	140	142	145	147	148	148	150	156
微小地震	防災科学技術研究所 工業技術院地質調査所 国立大学等 (海底)	15	28	35	41	46	53	61	61	64	80	85	82	86	98	100	117	130	148	163	174	183	188	202	201
	計	15	28	35	41	46	53	64	64	68	84	90	90	95	116	126	152	174	201	227	238	247	252	266	265
	地殻変動	文 部 科 学 省 防災科学技術研究所 (GPS) 工業技術院地質調査所 (GPS) 海上保安庁水路部(GPS) (SLR) 気 象 庁 国 土 地 理 院 (GPS) (VLBI) 通信総合研究所(VLBI) (SLR) 国立大学等 (GPS)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	7	14	14	14	27	33	33	33	33	33	33	33	33
地下水	防災科学技術研究所 工業技術院地質調査所 国立大学等																								
	計																								
	地球 電磁気	防災科学技術研究所 海上保安庁水路部 気 象 庁 国 土 地 理 院 国立大学等		1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
重力	国 土 地 理 院 国立大学等																								
	計																								
	験 潮	防災科学技術研究所 海上保安庁水路部 気 象 庁 国 土 地 理 院 国立大学等	2	7	9	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
潮	計	66	72	76	83	83	85	85	87	90	92	92	92	94	94	95	96	95	98	97	100	101	104	108	110

観測項目	関係機関名	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	観測項目	関係機関名	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	平成	
		元年度	2年度	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	8年度	9年度	10年度			11年度	12年度	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
大・中・小地震	気象庁	158	162	168	170	178	189	189	189	189	189	地震(高感度)	防災科学技術研究所	530	626	666	751	761	763	770	783	781	785	788	788	788	
	微小地震	防災科学技術研究所	66	67	68	69	73	76	104	140	145		368	海洋研究開発機構	12	12	13	14	14	5	5	5	5	5	6	16	25
		工業技術院地質調査所												産業技術総合研究所	191	191	191	193	194	14	14	16	16	16	16	28	28
		国立大学等(海底)	209	220	222	233	241	257	276	282	268		276	気象庁	191	191	191	193	194	196	196	191	191	198	208	208	208
							3	3	3	6	6		6	国立大学等	285	282	281	281	281	279	244	251	247	244	237	245	245
											(広帯域)	防災科学技術研究所	19	64	66	71	73	73	73	73	73	73	73	73	73		
												産業技術総合研究所	8	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1		
											(機動)	国立大学等	19	36	36	36	36	32	46	41	42	46	50	42	50		
												海洋研究開発機構											1	11	20		
												国立大学等	46	46	46	40	40	73	73	73	73	73	-	-	-		
												日高(平成11~13年度)															
												西南日本(平成14~15年度)															
												新潟一神戸歪集中帯(平成16~20年度)															
	計	275	287	290	302	317	336	383	438	430	666	計	1110	1261	1303	1390	1403	1436	1422	1434	1429	1441	1392	1412	1438		
地殻変動	文部科学省								15	41	41	地殻変動	文部科学省	41	41	41	41	41	7	7	7	7	7	7	-	-	
	防災科学技術研究所	27	27	28	29	29	30	45	42	46	52		防災科学技術研究所	52	56	56	58	58	60	60	60	58	49	49	47	47	
	(GPS)	12	14	16	28	28	28	19	19	19	1		(GPS)	1	1	3	3	3	3	4	4	4	-	-	-	-	
	工業技術院地質調査所								11	11	17		産業技術総合研究所	17	16	16	16	15	16	16	18	19	19	28	27	27	
	(GPS)								11	11	14		(GPS)	5	5	4	4	3	3	3	5	5	5	11	10	10	
	海上保安庁水路部							2	4	4	14		16	海上保安庁海洋情報部	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	(SLR)							1	1	1	1		1	(SLR)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	気象庁	33	33	33	33	33	33	33	33	33	34		35	(海底地殻変動)	1	9	11	14	16	18	18	18	18	18	18	18	24
	国土地理院	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5		5	気象庁	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	42	42
	(GPS)			2	4	110	210	610	887	947	973		973	国土地理院	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
(VLBI)				1	1	1	2	4	4	4	4	(GPS)	983	992	992	1284	1314	1320	1328	1336	1350	1352	1348	1347	1347		
通信総合研究所	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	(VLBI)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
(SLR)								4	4	4	4	情報通信研究機構	5	5	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
国立大学等	86	86	86	87	89	101	110	111	116	114	114	(SLR)	4	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
(GPS)	15	23	24	25	25	50	68	59	64	60	60	国立大学等	109	108	105	105	104	99	101	93	93	93	86	90	93		
												(GPS)	59	57	57	59	59	59	75	73	86	86	75	127	133		
												(海底地殻変動)			1	4	7	11	13	10	12	12	12	11	9		
	計	181	191	197	215	324	463	905	1211	1322	1342	計	1357	1375	1374	1670	1702	1678	1707	1706	1734	1723	1716	1764	1777		
地下水	防災科学技術研究所	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	地下水	防災科学技術研究所	9	9	9	9	7	6	5	5	5	-	-	-	-	
	工業技術院地質調査所	26	33	19	18	19	22	22	36	39	44		産業技術総合研究所	42	42	42	42	42	42	42	46	42	44	49	51		
	国立大学等	47	47	47	47	49	48	44	44	51	49		国立大学等	42	42	42	42	42	42	34	19	19	14	13	12	14	
	計	82	89	75	74	77	79	75	89	99	102	計	93	93	93	93	91	82	66	70	61	57	61	61	65		
地球電磁気	防災科学技術研究所		2	4	5	5	5	10	11	11	11	地球電磁気	防災科学技術研究所	11	13	15	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-
	海上保安庁水路部	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		産業技術総合研究所	1	1	1	1	1	6	-	-	-	-	-	-	-	
	気象庁	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		海上保安庁海洋情報部	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	
	国土地理院	4	4	4	4	4	4	15	15	15	15		気象庁	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	
	国立大学等	31	32	34	35	38	39	43	44	36	36		国土地理院	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	14	
														国立大学等	42	42	42	42	42	34	41	39	36	38	33	37	37
	計	40	43	47	49	52	53	73	75	67	67	計	73	97	99	97	97	75	61	59	58	60	54	57	57		
重力	国土地理院	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	重力	国土地理院	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	国立大学等	6	6	6	6	7	7	7	7	5	5		国立大学等	5	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	
		7	7	7	7	8	8	8	8	6	6		計	6	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	
験潮	防災科学技術研究所							2	5	5	5	験潮	防災科学技術研究所	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	3	3	3	
	海上保安庁水路部	16	16	16	16	16	16	16	27	27	28		海洋研究開発機構						4	4	4	4	4	5	15	24	
	気象庁	62	62	62	62	66	77	77	77	77	77		海上保安庁海洋情報部	28	28	28	28	28	28	28	28	28	20	20	20	20	
	国土地理院	25	25	26	26	31	32	32	31	31	31		気象庁	77	77	77	77	80	80	80	80	82	82	71	74	73	
	国立大学等	7	7	7	7	7	7	7	7	8	9		国土地理院	31	31	30	30	30	27	27	27	27	27	27	27	27	
														国立大学等	11	11	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
	計	110	110	111	111	116	121	134	147	148	150	計	152	152	146	146	149	149	149	148	150	142	130	143	151		

※ 平成13年度から、文部省・科学技術庁 ⇒ 文部科学省、工業技術院地質調査所 ⇒ 産業技術総合研究所、海上保安庁水路部 ⇒ 海上保安庁海洋情報部へ組織変更  
平成16年度から、通信総合研究所 ⇒ 情報通信研究機構へ組織変更。また、国立大学は国立大学法人へ  
国立大学等の広帯域地震計については、高感度地震計の内数、また海上保安庁海洋情報部のGPSについては、地殻変動観測以外の目的で設置されたDGPS局を含む。

## 2. 全国の活火山（110 火山）



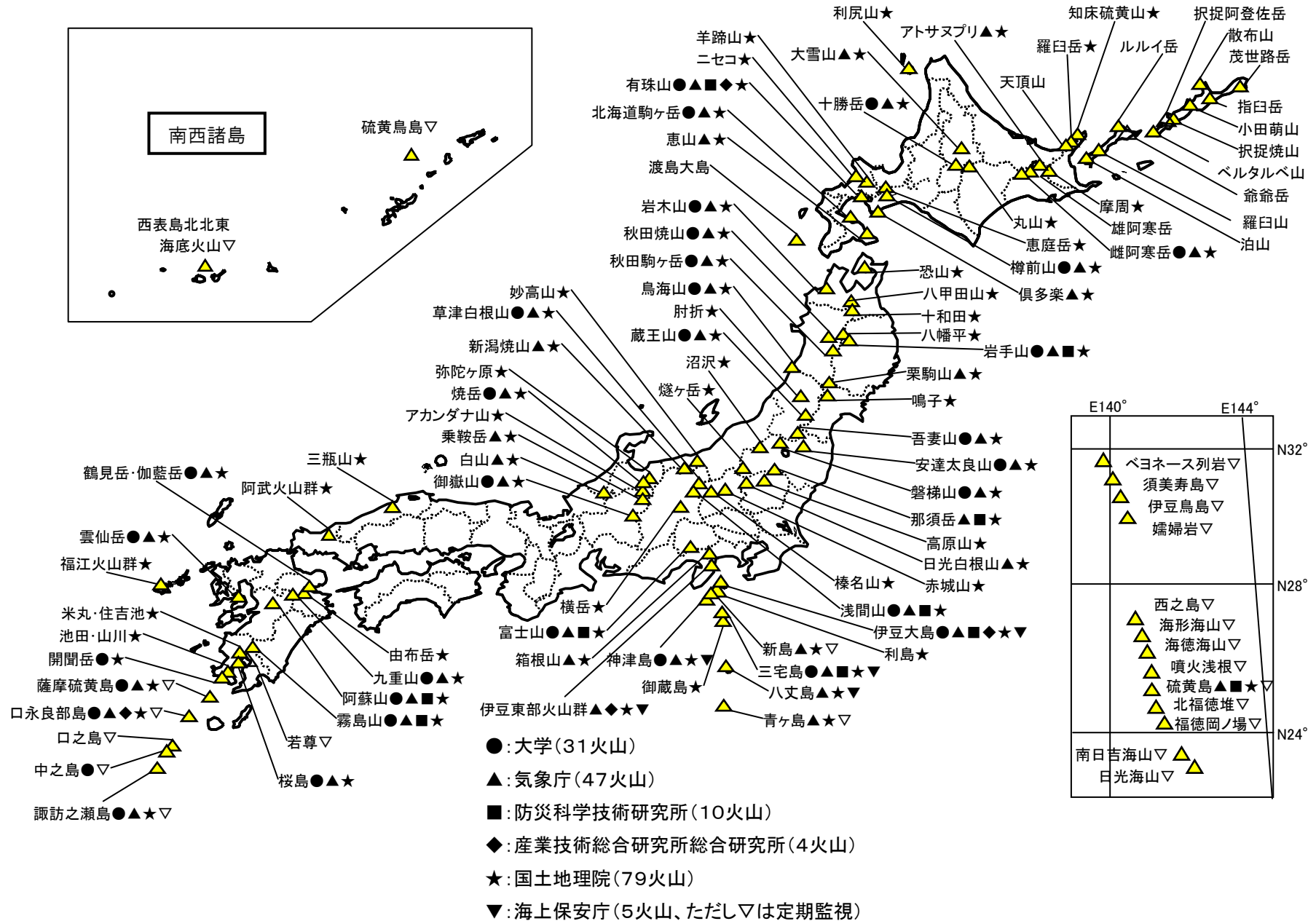
活火山の定義は、平成 15 年(2003 年)1月の火山噴火予知連絡会において「おおむね1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」とされ、これによって北方領土及び海底火山を含む 110 の活火山が選定されている。

さらに、平成 21 年6月の火山噴火予知連絡会において、火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山として 47 火山が選定された。これら 47 火山に対しては、気象庁が、関係機関の協力を得て、24 時間体制で火山活動の常時観測・監視を実施している。

また、各火山の地元の関係機関で構成される火山防災協議会において、噴火時等の防災対応(入山規制や避難勧告の対象範囲等)について平常時から共同で検討が行われており、検討結果が市長村の地域防災計画に反映された 29 火山では噴火警戒レベルを運用している。(平成 24 年3月現在)

### 3. 火山噴火予知観測網

(平成23年9月末現在)



#### 4. 火山関係観測点数一覧

平成23年3月末現在

火山名	大学（カッコ内は臨時観測点数で、外数）		気象庁	防災科学技術研究所	産業技術総合研究所	国土地理院	海上保安庁
		主な観測大学					
知床硫黄山						4	
羅臼岳							
天頂山							
摩周						7	
アトサヌブリ			2				
雄阿寒岳							
雌阿寒岳	噴火：S63, H8, H10, H18	2 ( 1 )	北大理	6		7	
丸山							
大雪山				1		7	
十勝岳	噴火：S60, S63~H1, H16	3	北大理	7			
利尻山						4	
樽前山	噴火：S53~S54, S56	8 ( 4 )	北大理	6		5	
恵庭岳						3	
倶多楽				1		3	
有珠山	噴火：S52~S53, H12~H13	18 ( 8 )	北大理, 東工大	4	1	2	4
羊蹄山						3	
ニセコ						3	
北海道駒ヶ岳	噴火：H8, H10, H12	10 ( 8 )	北大理	6		5	
恵山				2		3	
渡島大島							
恐山						4	
岩木山		3	弘前理工	1		4	
八甲田山						4	
十和田						4	
秋田焼山	噴火：H9	3	東北大理	1		3	
八幡平							
岩手山	地震・地殻活動活発化：H10	5 ( 1 )	東北大理	5	1	4	
秋田駒ヶ岳		3 ( 1 )	東北大理	2		3	
鳥海山	噴火：S49	1	東北大理	1		4	
栗駒山				1		5	
鳴子						3	
肝折						5	
蔵王山		2	東北大理	1		5	
吾妻山	噴火：S52	4	東北大理	5		6	
安達太良山		1	東北大理	2		4	
磐梯山		1	東北大理	5		3	
沼沢						4	
燧ヶ岳						4	
那須岳				2	6	3	
高原山						5	
日光白根山				1		3	
赤城山						3	
榛名山						4	
草津白根山	噴火：S51, S57~S58, H8 火口高温化：H20-23	39	東工大	2		5	
浅間山	噴火：S48, S57~S58, H2~H3, H16, H20	21	東大震研	7	2	7	
横岳						4	
新潟焼山	噴火：S49, S58			1		3	
妙高山							
弥陀ヶ原						4	
焼岳	噴火：S37, S38, H7			1		3	
アカンダナ山							
乗鞍岳				1		4	
御嶽山	噴火：S54, H3, H19	5	名大環境	2		4	
白山				2		3	
富士山		8 ( 3 )	東大震研	5	6	14	
箱根山				1		5	
伊豆東部火山群	噴火：H1			3		6	11 定期監視
伊豆大島	噴火：S49, S61, S62	28 ( 26 )	東大震研, 東大理	4	4	1	8 定期監視
利島						2	
新島				1		4	定期監視
神津島				1			定期監視
三宅島	噴火：H12~H18, H20~H22	6	東大震研, 東工大	4	4		5 定期監視
御蔵島							
八丈島				1		3	定期監視
青ヶ島				1			定期監視
ペリネーズ列岩（明神礁を含む）							定期監視
須美寿島							定期監視
伊豆鳥島	噴火：H14						定期監視
嬬婦岩							定期監視
西之島	噴火：S48~S49						定期監視
海形海山							定期監視

火山名	大学（カッコ内は臨時観測点数で、外数）	主な観測大学	気象庁	防災科学技術研究所	産業技術総合研究所	国土地理院	海上保安庁
海徳海山	噴火：S59						定期監視
噴火浅根							定期監視
硫黄島			1	3		4	定期監視
北福徳堆	噴火：S63						定期監視
福徳岡ノ場	噴火：S48～ S49, S61, H4, H17, H22						定期監視
南日吉海山	噴火：S50～S51						定期監視
日光海山							定期監視
三瓶山						4	
阿武火山群						5	
鶴見岳・伽藍岳		1	京大理	2			4
由布岳							4
九重山	噴火：H7～H8	4	京大理	1			4
阿蘇山	噴火： S49, S50, S52, S54, S55, S60, S63 H1～H7, H15～H17, H21, H23	14	京大理	7	2		4
雲仙岳	噴火：H2～H7	9 ( 11 )	九大理	6			4
福江火山群							3
霧島山	噴火：H3, H20, H22, H23	8 ( 22 )	東大震研ほか	8	2		6
霧島火山帯	えびの地震：S43	9 ( 17 )	京大防災研				
米丸・住吉池							4
若尊							定期監視
桜島	噴火：S30～	20 ( 4 )	京大防災研, 東工大, 鹿児島理	6			7
池田・山川							4
開聞岳		2	京大防災研				
薩摩硫黄島	噴火：H10～H16	1 ( 1 )	京大防災研	2			定期監視
口永良部島	噴火：S48, S49, S51, S55	4 ( 9 )	京大防災研, 東工大	5	2		5 定期監視
諏訪之瀬島	噴火：S32～H7, H9, H11～H21	1 ( 13 )	京大防災研	2			定期監視
口之島							定期監視
中之島		1 ( 1 )	京大防災研				定期監視
硫黄島島							定期監視
西表島北北東海底火山							定期監視
茂世路岳							
散布山							
指臼岳							
小田萌山							
択捉焼山							
択捉阿登佐岳							
ペルタルベ山							
ルルイ岳							
爺爺岳							
羅臼山							
泊山							

注1：網掛けをしているものは、現時点で観測が行われていない火山

注2：噴火履歴等は火山噴火予知計画の始まった昭和48年から記載

## 5. 国立大学法人の常時観測項目と観測点数

火山名	平成18年3月31日時点		平成23年3月31日現在		主な観測大学	備考 噴火活動等
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目		
雌阿寒岳	2	地震, 空振, 地殻	2 (臨時1)	地震, 空振, 地殻	北大理	(縦坑1本) 昭和63年, 平成8, 10年噴火
十勝岳	3	地震, 空振, 地殻	3	地震, 空振, 地殻	北大理	(横坑1本) 昭和63~平成元年噴火, 平成16年噴火
樽前山	8	地震, 空振, 地殻, カメラ, 熱	8 (臨時4)	地震, 空振, 地殻, カメラ, 熱	北大理	(横坑1本, 縦坑1本) 昭和53~54, 56年噴火
有珠山	20	地震, 空振, 地殻, GPS, 電磁気, 熱	18 (臨時8)	地震, 空振, 地殻, GPS, 電磁気, 熱	北大理 東工大	昭和52~57年噴火 平成12年噴火
北海道駒ヶ岳	14	地震, 空振, 地殻, GPS, カメラ, 潮位, 電磁気	10 (臨時8)	地震, 空振, 地殻, GPS, カメラ, 潮位, 電磁気	北大理	(縦坑2本) 平成8, 10, 12年噴火
岩木山	3 (臨時1)	地震, GPS	3	地震	弘前理工	(横坑2本)
秋田焼山	3	地震, 地殻, GPS	3	地震, 地殻	東北大理	(横坑3本) 平成9年噴火
岩手山	5 (臨時3)	地震, 空振, 地殻, GPS, 電磁気, 熱	5 (臨時1)	地震, 地殻, GPS, 熱	東北大理	(横坑1本, 縦坑4本) 平成10年地震・地殻活動活発化。
秋田駒ヶ岳	3 (臨時1)	地震, 地殻, 熱	3 (臨時1)	地震, 地殻	東北大理	(横坑1本, 縦坑2本) 昭和45~46年噴火
鳥海山	2	地震, 地殻	1	地震, 地殻	東北大理	(横坑2本) 昭和49年噴火
蔵王山	2	地震, 地殻, 熱	2	地震, 地殻, 熱	東北大理	(横坑1本, 縦坑1本)
吾妻山	4	地震, 地殻, 熱	4	地震, 地殻, 熱	東北大理	(横坑3本, 縦坑1本) 昭和52年微噴火
安達太良山	1	地震, 地殻	1	地震, 地殻, GPS	東北大理	(横坑1本)
磐梯山	1 (臨時4)	地震, 地殻, GPS	1	地震, 地殻	東北大理	(横坑1本) 平成12年地震活発化
草津白根山	29	地震, 地殻, GPS, 電磁気, 化学, 熱, カメラ (地震研分は定常地震2点)	39	地震, 地殻, GPS, 電磁気, 化学, 熱, カメラ	東工大	(縦坑3本) 昭和57~58年噴火5回 昭和64年, 平成8年微噴火, 平成20-23年 火口高温化 東大地震研は機器老朽化のため撤退。

火山名	平成18年3月31日時点		平成23年3月31日現在		主な観測大学	備考 噴火活動等
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目		
浅間山	14 (臨時1)	地震, 地殻, GPS, 地磁気	21	地震, GPS, 傾斜, 空振, 宇宙線ミュオン, 地磁気, 火山ガス	東大震研	(縦坑1本) 昭和57, 58年噴火, 平成16年噴火, 平成20年噴火
富士山	10 (臨時2)	地震, 地殻, 電磁気	8 (臨時3)	地震, 地殻, 電磁気	東大震研	(横坑1本, 縦坑3本)
伊豆大島	35 (臨時15)	地震, 空振, 地殻, GPS, 電磁気, 熱, 化学, 潮位	28 (臨時26)	地震, 地殻, GPS, 電磁気 (含むACTIVE)	東大震研 東大理	(縦坑5本) 昭和61年噴火 潮位, 熱観測は機器老朽化のため廃止。
神津島	1	GPS	0		名大環境	機器老朽化のため, 観測停止。
三宅島	6 (臨時3)	地震, 電磁気, 熱, 化学(熱, 化学は東工大)	6	電磁気	東大震研 東工大	平成12～地震は東京都。大学は機器老朽化のため観測点維持が困難となり23年10月に全面撤退。現在観測点なし。
焼岳	2	地震, 電磁気	0		名大環境	昭和37年噴火
御嶽山	6	地震	5	地震	名大環境	昭和54, 平成3年噴火
鶴見岳・伽藍岳	1	地震	1	地震	京大理	
九重山	4	地震, 電磁気	4	地震, 電磁気	京大理	平成7年10月11日 水蒸気爆発
阿蘇山	15	地震, 空振, 地殻, 電磁気	14	地震, 空振, 地殻, 電磁気	京大理	(横坑1本) 昭和50, 52, 54, 55, 60, 平成元, 2, 3年噴火, 平成15, 16年微噴火
雲仙岳	9 (臨時11)	地震, 地殻, GPS, 電磁気, 化学	9 (臨時11)	地震, 地殻, GPS, 電磁気, 化学	九大理	(縦坑4本) 平成2～7年噴火
霧島山	10	地震, GPS, 電磁気	8 (臨時22)	地震, 地殻, GPS, 電磁気, 空振, 絶対重力	東大震研・他	(横坑1本, 縦坑1本) 平成3年微噴火, 平成23年噴火
桜島	19	地震, 空振, 地殻, GPS, 化学, 熱, 潮位	20 (臨時4)	地震, 空振, 地殻, GPS, 化学, 熱, 潮位	京大防災研 東工大 鹿児島理	(横坑1本, 縦坑12本) 昭和30年から噴火活動継続中。
開聞岳	2	地震, GPS	2	地震, GPS	京大防災研	(横坑1本) 昭和42年群発地震
薩摩硫黄島	1 (臨時1)	地震, 空振, GPS	1 (臨時1)	地震, 空振, GPS	京大防災研	昭和63年噴煙 平成10～13年噴火



火山名	平成18年3月31日時点		平成23年3月31日現在		主な観測大学	備考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目		噴火活動等
口永良部島	4 (臨時12)	地震, 空振, GPS, 電磁気, 熱	4 (臨時9)	地震, 空振, GPS, 電磁気	京大防災研 東工大	昭和55年9月割れ目 水蒸気爆発
中之島	1 (臨時1)	地震, GPS	1 (臨時1)	地震, GPS	京大防災研	
諏訪之瀬島	1 (臨時9)	地震, 空振, 地殻, GPS	1 (臨時13)	地震, 空振, 地殻, GPS	京大防災研 鹿児島理	昭和32年頃より噴火活動 継続中。
霧島火山帯 (広域観測網)	9 (臨時3)	地震, GPS	9 (臨時17)	地震, GPS	京大防災研	(横坑6本) 昭和43年えびの地震

(注1) 「観測点数」の「(臨時○)」は、臨時の観測点数で外数。

(注2) 「観測項目」の内容は、次のとおり。

地 殻：GPSを除く地殻変動連続観測(傾斜, 歪(ひずみ), 光波測距等を含む)。

電磁気：自然電位(地表のある点を基準とした各地点での電位の分布), 比抵抗, 地磁気等の観測を含む。

化 学：火山ガス, 地下水等の観測を含む。

(注3) 「備考」の「縦坑○本」または「横坑○本」は、平成23年3月31日現在の観測点の内数。

## 6. 気象庁の常時及び定期観測項目と観測点数

火山名	平成 18 年 3 月 31 日現在		平成 23 年 3 月 31 日現在		備 考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
雌阿寒岳	5	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 全磁力	6	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力	(縦坑 1 本)
アトサヌプリ	—		2	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
十勝岳	5	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振	7	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 2 本)
大雪山	—		1	地震, 熱, カメラ, 空振,	—
樽前山	5	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力, 自然電位	6	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力, 自然電位	(縦坑 2 本)
倶多楽	1	地震, 熱	1	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
有珠山	5	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	4	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 2 本)
北海道駒ヶ岳	6	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力	6	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力	(縦坑 2 本)
恵山	1	地震, 熱	2	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
岩手山	5	地震, 熱, カメラ, 空振	5	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
岩木山	—		1	地震, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
秋田駒ヶ岳	1	地震, 熱	2	地震, 熱, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
秋田焼山	—		1	地震, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)

火山名	平成 18 年 3 月 31 日現在		平成 23 年 3 月 31 日現在		備考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
鳥海山	—		1	地震, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
栗駒山	—		1	地震, カメラ, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
蔵王山	—		1	地震, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
吾妻山	4	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 全磁力	5	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力	(縦坑 1 本)
安達太良山	2	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 全磁力	2	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力	(縦坑 1 本)
磐梯山	5	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 全磁力	5	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力	(縦坑 1 本)
那須岳	1	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 全磁力	2	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜) 全磁力	(縦坑 1 本)
日光白根山	—		1	地震, GPS, カメラ, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
草津白根山	1	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 全磁力	2	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力	(縦坑 1 本)
浅間山	9	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 化学, 全磁力	7	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 化学, 測距	(縦坑 4 本)
新潟焼山	1	地震, 熱	1	地震, 熱, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
焼岳	—		1	地震, 熱, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
乗鞍岳	—		1	地震, GPS, カメラ, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)

火山名	平成 18 年 3 月 31 日現在		平成 23 年 3 月 31 日現在		備 考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
御嶽山	1	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 全磁力	2	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 全磁力, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
白山	1	地震, 熱	2	地震, 熱, カメラ, 空振	—
富士山	2	地震, GPS	5	地震, GPS, カメラ, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
箱根山	—		1	地震, GPS, カメラ, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
伊豆東部火山群	2	地震, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	3	地震, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 2 本)
伊豆大島	6	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力, 測距	4	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力, 測距	(縦坑 3 本)
新島	—		1	地震, GPS, カメラ, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
神津島	—		1	地震, GPS, カメラ, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力	(縦坑 1 本)
八丈島	—		1	地震, GPS, カメラ, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
三宅島	6	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 化学, 全磁力	4	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 化学, 全磁力	(縦坑 1 本)
青ヶ島	—		1	地震, GPS, カメラ, 空振, 地殻 (傾斜)	(縦坑 1 本)
硫黄島	—		1	地震, 空振, カメラ,	—
九重山	1	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 全磁力	1	地震, 熱, カメラ, GPS, 空振, 地殻 (傾斜), 全磁力	(縦坑 1 本)

火山名	平成 18 年 3 月 31 日現在		平成 23 年 3 月 31 日現在		備考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
鶴見岳 伽藍岳	—		2	地震, 熱, GPS, 空振	—
阿蘇山	6	地震, 熱, カ メラ, GPS, 空 振, 地殻 (傾 斜), 全磁力	7	地震, 熱, カ メラ, GPS, 空 振, 地殻 (傾 斜), 全磁力	(縦坑 1 本)
雲仙岳	9	地震, 熱, カ メラ, GPS, 空 振, 地殻 (傾 斜), 全磁力	6	地震, 熱, カ メラ, GPS, 空 振, 地殻 (傾 斜), 全磁力	(縦坑 2 本)
霧島山	4	地震, 熱, カ メラ, GPS, 空 振, 全磁力	8	地震, 熱, カ メラ, GPS, 空 振, 地殻 (傾 斜), 全磁力, 降灰計	(縦坑 4 本)
桜島	5	地震, カメラ, GPS, 空振, 地 殻 (傾斜)	6	地震, カメラ, GPS, 空振, 地 殻 (傾斜)	(縦坑 3 本)
薩摩硫黄島	4	地震, 熱, カ メラ, 空振, 全磁力	2	地震, 熱, カ メラ, GPS 空 振, 全磁力	—
口永良部島	4	地震, 熱, カ メラ, 空振, 全磁力	5	地震, 熱, カ メラ, GPS 空 振, 地殻 (傾 斜), 全磁力	(縦坑 1 本)
諏訪之瀬島	1	地震, 熱, カ メラ, 空振, 全磁力	2	地震, 熱, カ メラ, GPS 空 振, 地殻 (傾 斜), 全磁力	(縦坑 1 本)

(注 1) 「観測点数」は臨時観測点を含む観測点 (テレメータ) の数を示す。

(注 2) 「観測項目」の内容は, 次のとおり。

地震: 火山性地震・微動の連続観測

熱: 熱映像観測等による噴煙や噴気の連続又は繰り返し観測

カメラ: 高感度カメラ等による噴煙等の遠望観測

GPS: GPS による地殻変動連続観測 (表で示した以外に繰り返し観測を実施している火山もある)

空振: 空振計 (超低周波マイクロフォン) による空気振動の連続観測

全磁力: 全磁力の連続または繰り返し観測

地殻 (傾斜): 傾斜計による地殻変動の連続観測

化学: 二酸化硫黄ガスの放出量等の繰り返し観測

測距: 光波測距儀による地殻変動連続観測 (表で示した以外に繰り返し観測を実施している火山もある)

自然電位: 自然電位の繰り返し観測

降灰計: 降灰の重量を測定。

(注 3) 「備考」の「縦坑〇本」は, 平成23年3月31日現在の観測点の内数。

## 7. 防災科学技術研究所の常時観測項目と観測点数

火山名	平成18年3月31日時点		平成23年3月31日現在		備考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
那須岳	6	地震	6	地震	
富士山	6	地震, 地殻, GPS	6	地震, 地殻 (傾斜), GPS	(縦坑6本)
伊豆大島	4	地震, 地殻, 電磁波	4	地震, 地殻 (傾斜), 全磁力	(縦坑5本)
三宅島	5	地震, 地殻, 電磁波, GPS	4	地震, 地殻 (傾斜), 全磁力, GPS	(縦坑5本)
硫黄島	4	地震, 潮位	3	地震, (潮位廃止)	(地下壕2)
有珠山			1	地震, 地殻 (傾斜), GPS	(縦坑1本)
岩手山			1	地震, 地殻 (傾斜), GPS	(縦坑1本)
浅間山			2	地震, 地殻 (傾斜), GPS	(縦坑2本)
阿蘇山			2	地震, 地殻 (傾斜), GPS	(縦坑2本)
霧島山			2	地震, 地殻 (傾斜), GPS	(縦坑2本)

(注1) 「観測項目」の内容は、次のとおり。

地震：火山性地震・微動の連続観測  
 GPS：GPSによる地殻変動連続観測  
 全磁力：全磁力の連続観測  
 地殻（傾斜）：傾斜計による地殻変動の連続観測  
 潮位：潮位の連続観測

(注2) 「備考」の内容は、次のとおり。

地震計と傾斜計は同一の縦坑を利用。磁力計は単独の縦坑を利用。硫黄島では戦時中の地下壕（ちかごう）を利用して観測している。

## 8. 産業技術総合研究所の常時観測項目と観測点数

火山名	平成18年3月31日時点		平成23年3月31日現在		備考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
富士山	9	GPS	0		
伊豆東部 火山群	2	水温, 水位	6	水位・水温	地震観測点兼ねる。 水温は一部観測点のみ。
有珠山			2	水位・水温	
伊豆大島			1	自然電位	
口永良部島			2	GPS	

(注1) 「観測項目」の内容は、次のとおり。

水位：地下水の水位の観測

水温：地下水の温度の観測

自然電位：地表のある点を基準とした各地点での電位の分布の観測

GPS:GPSによる地殻変動連続観測

## 9. 国土地理院の常時観測項目と観測点数

火山名	平成18年3月31日時点		平成23年3月31日現在		備 考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
知床硫黄山 羅臼岳	2	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
摩周 アトサヌプリ	5	地殻変動	7	地殻変動	GPS 7
雌阿寒岳	3	地殻変動	7	地殻変動	GPS 7
丸山 大雪山 十勝岳	7	地殻変動	7	地殻変動	GPS 7
利尻山			4	地殻変動	GPS 4
樽前山	5	地殻変動	5	地殻変動	GPS 4 GPS (REGMOS) 1
恵庭岳			3	地殻変動	GPS 3
倶多楽			3	地殻変動	GPS 3
有珠山	4	地殻変動	4	地殻変動	GPS 3 GPS (REGMOS) 1
羊蹄山			3	地殻変動	GPS 3
ニセコ			3	地殻変動	GPS 3
北海道駒ヶ岳	5	地殻変動	5	地殻変動	GPS 4 GPS (REGMOS) 1
恵山	2	地殻変動	3	地殻変動	GPS 3
恐山			4	地殻変動	GPS 4
岩木山	4	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
八甲田山			4	地殻変動	GPS 4
十和田	4	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
秋田焼山 八幡平	7	地殻変動	3	地殻変動	GPS 3
岩手山			4	地殻変動	GPS 4
秋田駒ヶ岳			3	地殻変動	GPS 3
鳥海山	4	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
栗駒山	5	地殻変動	5	地殻変動	GPS 5



火山名	平成18年3月31日時点		平成23年3月31日現在		備 考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
鳴子			3	地殻変動	GPS 3
肘付			5	地殻変動	GPS 5
蔵王山	5	地殻変動	5	地殻変動	GPS 5
吾妻山	5	地殻変動	6	地殻変動	GPS 6
安達太良山			4	地殻変動	GPS 4
磐梯山			3	地殻変動	GPS 3
沼沢			4	地殻変動	GPS 4
燧ヶ岳			4	地殻変動	GPS 4
那須岳	4	地殻変動	3	地殻変動	GPS 3
高原山			5	地殻変動	GPS 5
日光白根山			3	地殻変動	GPS 3
赤城山			3	地殻変動	GPS 3
榛名山	3	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
草津白根山	4	地殻変動	5	地殻変動	GPS 5
浅間山	7	地殻変動	7	地殻変動	GPS 5 GPS (REGMOS) 2
横岳			4	地殻変動	GPS 4
新潟焼山	4	地殻変動	3	地殻変動	GPS 3
妙高山					
弥陀ヶ原			4	地殻変動	GPS 4
焼岳	3	地殻変動	3	地殻変動	GPS 3
アカンダナ					
乗鞍岳			4	地殻変動	GPS 4
御嶽山	4	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
白山			3	地殻変動	GPS 3

火山名	平成18年3月31日時点		平成23年3月31日現在		備 考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
富士山	9	地殻変動, 地磁気	14	地殻変動, 地磁気	GPS 9 GPS (REGMOS) 2 地磁気 3
箱根山	3	地殻変動	5	地殻変動	GPS 5
伊豆東部 火山群	11	地殻変動	11	地殻変動	GPS 8 GPS (REGMOS) 1 潮位 2
伊豆大島	7	地殻変動	8	地殻変動	GPS 5 GPS (REGMOS) 2 APS 1
利島	1	地殻変動	2	地殻変動	GPS 2
新島	3	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
神津島	4	地殻変動			
三宅島	7	地殻変動	5	地殻変動	GPS 5
御蔵島 八丈島 青ヶ島			3	地殻変動	GPS 3
硫黄島	2	地殻変動	4	地殻変動	GPS 3 GPS (REGMOS) 1
三瓶山			4	地殻変動	GPS 4
阿武火山群			5	地殻変動	GPS 5
鶴見岳・ 伽藍岳	4	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
由布岳					
九重山	6	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
阿蘇山	3	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
雲仙岳	4	地殻変動	4	地殻変動	GPS 4
福江火山群			3	地殻変動	GPS 3
霧島山	5	地殻変動	6	地殻変動	GPS 5 GPS (REGMOS) 1
米丸・住吉池			4	地殻変動	GPS 4
桜島	7	地殻変動	7	地殻変動	GPS 7
池田・山川 開闢岳			4	地殻変動	GPS 4

火山名	平成18年3月31日時点		平成23年3月31日現在		備 考
	観測点数	観測項目	観測点数	観測項目	
薩摩硫黄島	3	地殻変動	5	地殻変動	GPS 5
口永良部島	3	地殻変動			
諏訪之瀬島	3	地殻変動			

(注1) 「観測点数」は全国に展開しているGPS連続観測網のうち火山活動観測に使われている観測点及び活火山地域における機動観測点等の数を示す。

(注2) 「観測項目」の「地殻変動」は、GPS、光波測距儀等による地殻変動連続観測を示す。

(注3) 「備考」の内容は、次のとおり。

REGMOS (GPS火山変動観測装置) : 電力・通信手段のない場所でも地殻変動連続観測ができるようにGPS、ソーラーパネル、衛星携帯電話などを合体した観測装置

APS (自動光波測距・測角装置) : 光波測距儀 (光波を用いて距離を測る機械) とセオドライト (角度を測る機械) を組み合わせ、自動的に距離と角度を測るシステム

(注4) 平成23年度以降は、火山噴火予知連絡会で報告を行う火山とした。

## 10. 海上保安庁における海域火山の監視・観測状況

### 南方諸島

火山名	定期監視	海域火山基礎情報図調査	航空磁気測量	G P S 連続	海底地殻変動
伊豆大島	○	平成 18 年	平成 17, 20 年	△	
新島	○				
神津島	○			△	
三宅島	○		平成 15, 19 年	△	(◇)
八丈島	○			△	
青ヶ島	○				
須美寿島	○				
伊豆鳥島	○		平成 23 年		
孀婦岩	○				
西之島	○	平成 22, 23 年			
硫黄島	○		平成 18 年		
伊豆東部 火山群	○				◇
明神礁 ベヨネース列岩	○		平成 15 年		
白根	○				
海形海山	○	平成 21 年			
海徳海山	○				
海勢西ノ場	○				
噴火浅根	○				
北福德堆	○	平成 14, 15 年	平成 14 年		
福德岡ノ場	○	平成 21 年	平成 17 年		
南日吉海山	○				
日光海山	○				

### 南西諸島

火山名	定期監視	海域火山基礎情報図調査	航空磁気測量	G P S 連続	海底地殻変動
薩摩硫黄島	○	平成 17, 19, 20 年	平成 17, 23 年		
口永良部島	○		平成 20 年		
口之島	○		平成 15 年		
中之島	○		平成 22 年		
諏訪之瀬島	○		平成 14, 21 年		
横当島	○		平成 16 年		
硫黄島	○		平成 18 年		
若尊	○	平成 16 年			
西表島北北東	○				

- 注) 凡例
- 1) ○印は航空機による年 1 回以上の定期監視 (目視または熱計測)
  - 2) 年月記載は調査実施年度
  - 3) △印は常時監視観測
  - 4) ◇印は測量船による海底地殻変動観測の実施を示す。
  - 5) 三宅島の海底地殻変動については、平成 22 年度で終了。

## 11. 国立大学法人における集中総合観測及び 構造探査実施火山の一覧

年 度	対象火山	報告書	備 考
昭和49年	伊豆大島, 桜島	有, 有	科研費
昭和51年	草津白根山*, 桜島	有, 有	*震研彙報と兼用
昭和52年	浅間山*, 阿蘇山	有, 有	*震研彙報と兼用
昭和53年	有珠山, 桜島	有, 有	
昭和54年	吾妻山, 富士山	有, 有	
昭和55年	三宅島, 桜島	有, 有	
昭和56年	浅間山, 阿蘇山	有, 有	
昭和57年	有珠山, 桜島	有, 有	
昭和58年	樽前山, 伊豆大島	有, 有	
昭和59年	草津白根山, 諏訪之瀬島	有, 有	
昭和60年	三宅島, 桜島	有, 有	
昭和61年	富士山, 雲仙岳	無, 無	
昭和62年	北海道駒ヶ岳, 焼岳	無, 無	十勝岳臨時集中観測実施
昭和63年	磐梯山, 桜島	無, 有	
平成元年	雌阿寒岳, 諏訪之瀬島	無, 有	
平成2年	秋田駒ヶ岳, 三宅島	無, 無	
平成3年	有珠山, 桜島	無, 有	
平成4年	草津白根山, 阿蘇山	有, 無	
平成5年	有珠山, 富士山	無, 無	
平成6年	○霧島*, 雲仙岳**	有, 有	*震研彙報と兼用, **科研費報告書と兼用
平成7年	○雲仙岳*, 三宅島	有, 無	*探査概要と検測値一覧は震研彙報に掲載, 探査結果は京大防災研論文集に掲載
平成8年	○霧島, 桜島	無, 有	
平成9年	○磐梯山*, 道南3火山**	無, 無	*探査結果はJVGRに掲載, **北海道駒ヶ岳, 有珠山, 樽前山
平成10年	○阿蘇山*, 諏訪之瀬島	有, 有	*震研彙報と兼用
平成11年	○伊豆大島, 岩手山	無, 有	
平成12年	○岩手山*, 薩摩硫黄島・口永良部島	有, 有	*探査概要と検測値一覧は震研彙報に掲載, 探査結果はGRLに掲載
平成13年	○有珠山, 雲仙岳	有, 有	
平成14年	○北海道駒ヶ岳*, 富士山	無, 有	*準備中
平成15年	○富士山, 草津白根	有, 有	

年 度	対象火山	報告書	備 考
平成16年	○口永良部島*, 御嶽山	有, 有	*震研彙報・防災研年報
平成17年	○浅間山*, 浅間山	有, 有	*電磁気探査, 自然地震探査
平成18年	○浅間山, 有珠山	有, 有	人工地震探査, 自然地震探査
平成19年	○桜島, 桜島	有, 有	電磁気探査と集中観測を同時実施
平成20年	○桜島, 阿蘇山	有, 有	桜島：人工地震探査, 阿蘇：自然地震探査

平成21年度以降, 「火山噴火予知計画」が「地震予知のための新たな観測研究計画」と合併し, 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」となった。これに伴い, 研究内容, 実施方法の変更が行われ, これまで火山噴火予知計画で実施していた「火山体構造探査」及び「特定火山集中総合観測」を実施しなくなった。

○印は, 構造探査

○印なしは, 集中総合観測

## 12. 気象庁の火山機動観測実施状況

気象庁

火山名	基礎調査観測 (注1)	緊急機動観測 (注1)	調査観測 (注2)
知床硫黄山	昭58, 平4		
羅臼岳			
摩周	昭62, 平3, 6		
○アトサヌプリ	昭55, 平2, 6		平18
○雌阿寒岳	昭(40), 63, 平8, 9	平7, 10~	平14~
丸山	平7		
○大雪山	昭57, 平2, 7		
○十勝岳	昭(43), 平1, 11, 13	昭(44), 60~平2	平14~
利尻山			
○樽前山	昭49, 56, 61, 平10, 11, 13	平11~	平14~
恵庭岳	平5		
○倶多楽	平4, 9		平16~
○有珠山	昭(46)	昭52~53, 平11~	平14, 15, 16, 17, 18
羊蹄山			
ニセコ			
○北海道駒ヶ岳	昭(39), 平8, 13	平8, 10~	平14~
○恵山	昭(47), 54, 平1, 5, 10		平17~
渡島大島	昭59, 平3		
恐山	昭54, 平1		
○岩木山	昭(46), (48), 59, 平10		
八甲田山	昭63, 平6		
十和田	平5		
○秋田焼山	昭60, 平9	平9	
八幡平	昭58, 平6		
○岩手山	昭(45), 62, 平5, 8, 9	平7~16	平17~
○秋田駒ヶ岳	昭(45), (46), (48), 55, 平6	昭(45), (46)	平15~
○鳥海山	昭61, 平4	昭49	平16
○栗駒山	昭59, 平4		平18~
鳴子	平1		
肘折			平18
○蔵王山	昭(42), 52, 56, 平2, 7	昭(41), 平4	平17
○吾妻山	昭(40), 50, 平13	昭(41), 52	平14~
○安達太良山	昭(40), 50, 平8, 9, 10, 11, 13		平15~
○磐梯山	昭(40)	平13, 14	平15~
沼沢			平17
燧ヶ岳			
○那須岳	昭(38), 平9		平14, 15, 16, 17, 18, 20, 23
高原山			平16
○日光白根山	昭61, 平5		平14, 23
赤城山	昭63, 平6		
榛名山	平5		平14
○草津白根山	昭(42), (48), 51, 58	昭49~51, 57~58, 62	平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
○浅間山	昭(40)	平16	平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
横岳			
○新潟焼山	昭55, 平1, 8, 9, 10	昭(38~39), 50, 59, 平3, 9, 10	平15, 17~
妙高山	平2, 8		
弥陀ヶ原	昭59, 平4		平23
○焼岳	昭56, 平2, 8	昭44	平15, 18, 20, 23
アカダナ山			平15
○乗鞍岳	昭61, 平5		平17, 18
○御嶽山	平3, 11	昭54~56	平14, 15, 16, 17, 19, 23
○白山	昭63, 平7		平16, 17~
○富士山	昭57, 63, 平6	昭62~	平13, 17, 22, 23
○箱根山	昭60, 平6		平16, 18, 19
○伊豆東部火山群		平1~2, 5, 7, 8~	平14, 15, 16, 17, 22, 23
○伊豆大島		昭61	平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
利島			
○新島	昭56, 平4		
○神津島	昭60, 平4		
○三宅島	昭51, 58, 平10~13	昭(38), 58~平8, 12~13	平14~15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

火山名	基礎調査観測 (注1)	緊急機動観測 (注1)	調査観測 (注2)
御蔵島			
○八丈島	昭57, 平7		平23
○青ヶ島	昭59, 平7		平23
伊豆島		昭(40), (41), (42)	
西之島		昭(48), 49	
○硫黄島		昭(43)	平20, 21, 22, 23
三瓶山			
阿武火山群			平17
○鶴見岳・伽藍岳	昭54, 61, 平4, 7		平17, 19, 22, 23
由布岳			
○九重山	昭57, 63, 平5	平7~8	平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
○阿蘇山			平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
○雲仙岳	昭(45), 59, 平2	昭59, 平2~8	平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
福江火山群			平18
○霧島山	昭(47)	平3~4, 15~	平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
米丸・住吉池			平19
○桜島	昭(40)	昭(43), (47), 平18	平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
池田・山川			平19
開聞岳	昭56, 平1, 6		平19
○薩摩硫黄島	昭60, 平4, 9~13	昭63	平14~
○口永良部島	昭50, 58, 平2, 8	昭55, 平11~	平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
口之島			平23
中之島	昭61, 平5, 11~13		平20
○諏訪之瀬島	昭55, 63, 平6, 10~11	平12, 13~	平14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23
硫黄島			

注1 平成14年3月の火山監視・情報センター業務開始以前は、本庁及び管区気象台の火山機動観測班が基礎調査観測と緊急機動観測を実施しており、常時観測火山については、現地気象官署が現地観測を年数回実施していた。

注2 平成14年3月の火山監視・情報センター業務開始以後は、従来の基礎調査観測及び現地観測を、調査観測として火山監視・情報センターが実施している。

注3 火山名に○が付いているのは常時観測火山。実施年を括弧書きにしているものは、火山噴火予知計画発足以前の実施を示す。

注4 複数年にまたがって地震などの連続観測を行っている場合は「平14~」のように表示し、毎年繰り返し観測を行っている場合は「平14, 15, 16, 17, 18」のように表示している。



### 13. 霧島山（新燃岳）に関する火山噴火予知連絡会の活動経過

2011年(平成23年)

- |        |                                     |   |
|--------|-------------------------------------|---|
| 1月19日  | 新燃岳で噴火                              |   |
| 1月26日  | 本格的なマグマ噴火(噴火警戒レベル2→3)               |   |
| 1月27日  | 爆発的な噴火発生(爆発は1月27日以降, 2月中旬, 3月1日に発生) |   |
| 1月28日  | 火口内に溶岩噴出確認                          |   |
| 2月1日   | 爆発, 噴石が3.2kmまで飛散                    |   |
| 2月3日   | 拡大幹事会                               | 活発な噴火活動が続いており, 当分の間は, 溶岩を吹き飛ばす爆発的な噴火を繰り返す。霧島山(新燃岳)総合観測班設置。                                      |
| 2月15日  | 第118回連絡会                            | 引き続き爆発的な噴火は続くと思われるが, 新燃岳へ上昇するマグマの量は低下, 多量の火山灰等を放出する噴火の可能性低くなっている。多量のマグマが再上昇すれば, 噴火活動再び活発化する可能性。 |
| 3月22日  | 第119回連絡会                            | 最盛期の活動に比べ低下した状態。地下深くのマグマだまりへのマグマの供給は続いており, マグマだまりから新燃岳へのマグマの上昇は断続的に続いていると推定。噴火活動は今後も続く。         |
| 6月7日   | 第120回連絡会                            | 新燃岳の噴火活動は低下。しかし, 地下深くのマグマだまりには深部からのマグマの供給が続くマグマだまりから新燃岳へ多量のマグマが上昇すれば噴火活動再び活発化する可能性。             |
| 10月11日 | 第121回連絡会                            | 新燃岳では, 間欠的に噴火発生。地下深くのマグマだまりには深部からのマグマの供給が続く。今後再び活発化する可能性。                                       |

## 14. 桜島（昭和火口）に関する火山噴火予知連絡会の活動経過

2006年(平成18年)		
6月4日	昭和火口噴火	
6月12日	第104回連絡会	昭和火口付近の新たな火口の噴火活動に注意。
11月14日	第105回連絡会	6月21日以降、噴火発生なし。
2007年(平成19年)		
2月16日	第106回連絡会	噴火発生なし。
6月19日	第107回連絡会	5月中旬以降、昭和火口で小規模な噴火発生火山活動やや活発な状態。
10月16日	第108回連絡会	6月22日以降噴火発生なし。
12月1日	噴火警戒レベル導入(レベル2)	
2008年(平成20年)		
2月3日	爆発的噴火	火砕流1km 流下 噴火警戒レベル2→3
2月6日	爆発的噴火	火砕流 1.5km 流下
2月15日	第109回連絡会	全体的にはしだいに活発化。今後しばらくは、火砕流発生する可能性。
2月20日	噴火警戒レベル3→2	
4月8日	爆発的噴火	噴火警戒レベル2→3
6月23日	第110回連絡会	噴火活動は次第に活発化。
7月14日	噴火警戒レベル3→2	
7月28日	噴火(噴煙 3300m, 3200m)噴火警戒レベル2→3	
8月28日	噴火警戒レベル3→2	
10月8日	第111回連絡会	爆発的噴火や小規模な噴火が時々発生。
2009年(平成21年)		
2月1~2日	爆発的噴火8回発生	
2月2日	噴火警戒レベル2→3	
2月18日	第112回連絡会	地下深部に蓄積したマグマが桜島直下に多量に移動・上昇すれば火山活動活発化する可能性。
2月19日	噴火警戒レベル3→2	
3月1~2日	爆発的噴火3回発生	
3月2日	噴火警戒レベル2→3	
4月9日	爆発的噴火 噴煙 4000m, 火砕流 1km 流下。	
4月24日	噴火警戒レベル3→2	
6月18日	第113回連絡会	火口から 1km 程度の範囲に噴石を飛散させる噴火が発生すると予想。
7月18~19日	爆発的噴火(空振 100Pa 以上)	
7月19日	噴火警戒レベル2→3	
8月10日	火砕流 500m 流下	
10月5日	第114回連絡会	桜島直下へのマグマ供給が徐々に増加。
2010年(平成22年)		
2月2日	第115回連絡会	2009年10月以降、噴出物の分析でマグマ活動の活発化示唆。今後更に噴火活動が活発化する可能性が高い。溶岩流出の可能性。
6月16日	第116回連絡会	爆発的噴火が頻発。
9月30日	噴火警戒レベル3→2	
10月13日	第117回連絡会	桜島直下へのマグマの供給量が増加した場合、噴火活動再び活発化する可能性。
10月13日	爆発的噴火(噴石4合目)噴火警戒レベル2→3	
2011年(平成23年)		
2月15日	第118回連絡会	桜島直下へのマグマの供給量は2010年11月頃からやや増加。引き続き活発な噴火活動が継続する可能性。
6月7日	第120回連絡会	引き続き活発な噴火活動継続。
10月11日	第121回連絡会	引き続き活発な噴火活動が継続する可能性。

15. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の個別課題一覧(機関順)

機 関 名	研究課題	研究課題名	担当者名
(独)情報通信研究機構	0101	航空機等からの先端リモートセンシング技術(SAR等)を用いた地表面変動の把握技術の開発	浦塚清峰
北海道大学	1001	全国ひずみ・傾斜データの流通と一元化	高橋浩晃
	1002	北海道周辺域の連動型巨大地震・プレート運動の解明による衝突帯モデルの構築	谷岡勇市郎
	1003	衝突帯における火山フロントでの地殻強度異常場のモデル化	高橋浩晃
	1004	活動的火山の噴火履歴と噴出物の物質科学的解析による噴火準備過程の解明	中川光弘
	1005	地震に関連する電磁気現象の観測研究	茂木透
	1006	逐次津波波形解析による津波励起波源の推定	谷岡勇市郎
	1007	試掘探査を基軸とした有珠山における浅部噴火発生場の検証研究	大島弘光
弘前大学	1101	東北日本沈み込み帯のプレート境界における応力敏感構造の解明	小菅正裕
東北大学	1201	常時微動や後続波を用いた地下構造モニタリング法の研究	中原恒
	1202	宮城県沖プレート境界の多項目・高精度モニタリングによる大地震発生過程の解明	日野亮太
	1203	沈み込み帯の水循環の全容解明	中島淳一
	1204	地震波を用いた解析に基づく地殻構造と地震・火山活動の関係の解明	中島淳一
	1205	アスペリティの特性解明に向けた観測研究	日野亮太
	1206	ゆっくり滑りの発生機構とアスペリティとの相互作用の解明	伊藤喜宏
	1207	内陸地震発生過程の解明	岡田知己
	1208	スラブ内地震の発生に至る過程の解明	松澤暢
	1209	地震波トモグラフィと高サンプリングGPS観測に基づくマグマ上昇・蓄積過程の研究	植木貞人
	1210	準静的滑りの時空間変化に基づく地震発生切迫度評価の研究	内田直希
	1211	マルチスケール・アスペリティモデルの構築と拡張	岡田知己
	1212	高精度リアルタイム津波予測システムの開発	日野亮太
	1213	機動的な多項目観測による火山爆発機構の研究	西村太志
	1214	実験と自然観察が明らかにするマイクロとマクロの地震の関与する地殻流体の実態	土屋範芳
	1215	摩擦すべりに伴うエネルギー散逸過程の解明	矢部康男
	1216	浅部火山性流体挙動の理論的・実験的研究	西村太志
	1217	海底地殻変動観測システムの高度化	木戸元之
	1218	高サンプリングGPS観測・解析技術の高度化と火山観測への応用	太田雄策
秋田大学	1301	東北日本弧の詳細な地殻比抵抗構造の解明	西谷忠師
東京大学地震研究所	1401	地震活動・火山現象のモニタリングシステムの高度化	卜部卓
	1402	特定地域の地殻活動モニタリングシステムの高度化	平田直
	1403	東南海・南海地域および日本海溝・千島海溝周辺の地殻活動モニタリングの高度化	篠原雅尚
	1404	東海地方における地殻活動モニタリングの高度化	加藤照之
	1405	予測シミュレーションモデル高度化のための手法開発	亀伸樹
	1406	地震発生予測のための地震活動評価手法の基盤構築	鶴岡弘
	1407	伊豆大島、桜島、有珠山の噴火シナリオの試作(活動的火山における噴火シナリオの作成)	中田節也
	1408	噴火シナリオに基づく推移予測の試行	中田節也
	1409	古い地震記象の整理及びデータベースの構築	佐竹健治
	1410	日本周辺のプレート運動の精密推定	加藤照之
	1411	ネットワークMT法観測による広域深部比抵抗構造の解明	上嶋誠
	1412	非火山性地震の発生メカニズムの解明ー震源域深部の地殻内流体との相互作用	加藤愛太郎
	1413	フィリピン海プレート北縁における地殻構造と火山深部構造の解明	森田裕一
	1414	大規模活断層システムにおける長期地殻歪みの蓄積過程の解明	佐藤比呂志
	1415	プレート境界の固着域とその深部延長上遷移領域の構造と物理特性の解明	飯高隆
	1416	海域から陸域までの総合的調査・観測によるアスペリティの実体解明	篠原雅尚
	1417	濃尾断層系における歪・応力集中過程と破壊様式解明のための総合的研究	岩崎貴哉、飯高隆
	1418	スラブ内地震とプレート境界地震の相互作用	望月公廣
	1419	大地震サイクルと関連した地震活動変化の詳細な解明	鶴岡弘
	1420	南アフリカ大深度金鉱山における応力パラメタの先行変化の発生機構の解明	加藤愛太郎
	1421	大地震サイクルと地震活動の関連を説明する物理メカニズムの提案	中谷正生
	1422	震源断層の不均質破壊過程と動的特性	瀬戸一
	1423	南アフリカ大深度金鉱山における断層破壊面極近傍の精細な動力学的破壊過程の推定	三宅弘恵
	1424	広帯域シミュレーションによる強震動・津波予測	古村孝志
	1425	浅間山における火道内部構造の解明に基づく噴火過程の研究	武尾実
	1426	噴火推移および事象に関する発生予測の数値的検討	中田節也
	1427	地殻・上部マントル岩石変形の物理過程の解明	中谷正生
	1428	可観測物性の状態・環境への依存性	平賀岳彦
	1429	爆発的噴火におけるマグマと波動の放出素過程に関する研究	市原美恵
	1430	噴火に伴うマグマ中の揮発性成分変化に関する研究	安田敦
	1431	次世代の機動的な海底地殻変動観測に向けた観測技術の高度化	篠原雅尚
	1432	次世代の機動的な海底地震観測に向けた観測技術の高度化	塩原肇
1433	次世代インライン式海底ケーブル地震計の開発・高度化	篠原雅尚	
1434	干渉合成開口レーダー解析の高度化	青木陽介	
1435	無人ヘリコプターによる火山近傍観測システムの開発	小山崇夫	
1436	衛星赤外面像による噴火推移の観測と類型化に関する研究	金子隆之	
1438	宇宙線観測による構造探査技術の高度化	大久保修平	
1439	小型絶対重力計の開発	新谷昌人	
1440	光技術を利用した大深度ポアホール用地震地殻変動観測装置の開発	新谷昌人	
東京大学理学系研究科	1502	地殻流体のフラックス測定に基づいた化学的地震先行現象発現機構の解明	田中秀実
	1503	動的破壊と非地震性すべりの不均質性とスケール法則の解明	井出哲
	1504	火山噴火過程における火山ガス挙動の観測:ガス蓄積過程とガス放出推移の理解	森俊哉
東京工業大学	1601	電磁気探査による内陸地震と火山地域の地殻内流体イメージング	小川康雄

機 関 名	研究課題	研究課題名	担当者名
	1602	水蒸気爆発発生場における火山性流体の化学組成と比抵抗構造のモニタリング	野上健治
	1603	沈み込み帯のマグマ発生と地殻変動のダイナミクス	岩森光
名古屋大学	1701	駿河-南海トラフ周辺における多項目統合モニタリング	山岡耕春
	1702	プレート境界地震のための地殻活動予測シミュレーション・データ同化システムの構築	鷺谷威
	1703	日本列島地殻活動総合相関評価システムの研究	山岡耕春
	1704	活断層の地表形状・ずれ量データにもとづく地震発生予測	鈴木康弘
	1705	内陸地震発生域における応力蓄積状態の解明	鷺谷威
	1706	GPS/音響方式海底地殻変動観測システムの高度化	田所敬一
	1707	精密制御信号システム(アクロス)による地下の高精度常時モニタリング技術の高度化	渡辺俊樹
京都大学防災研究所	1801	南海トラフにおける巨大地震発生の予測高度化を目指した複合的モニタリング手法の開発	澁谷拓郎
	1802	地震発生頻度のリアルタイム予測	JamesMori
	1803	歴史地震記録の電子化	飯尾能久
	1804	日本列島の地殻構造データベースのプロトタイプ構築	大見士朗
	1805	日向灘の地震活動と南九州の火山活動の相互作用および応力伝播・物質移動過程のモデル化	橋本学
	1806	飛騨山脈における地殻流体の動きの解明	飯尾能久
	1807	注水実験による内陸地震の震源断層の微細構造と回復過程の研究	西上欽也
	1808	断層面および断層周辺の不均質性に基づく断層への応力集中過程の解明	大志万直人
	1809	桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究	井口正人
	1810	地震波干渉法による構造変化の検出手法の開発	大見士朗
	1811	近畿地方北部における地殻活動異常と地震先行現象の関係の解明	片尾浩
	1812	アスペリティと強震動生成過程の関係に関する研究	岩田知孝
	1813	プレート境界巨大地震による堆積盆地の広帯域強震動の予測に関する研究	関口春子
	1814	岩石摩擦の物理的素過程に関する実験的研究	加納靖之
京都大学理学研究科	1901	比抵抗連続観測による阿蘇中岳火口浅部熱水系モニタリングの高度化	宇津木充
鳥取大学	2001	中国・四国地方の電気比抵抗構造と地震・火山活動の関連に関する研究	塩崎一郎
高知大学	2101	四国から紀伊半島にかけての前弧域周辺の応力場の時空間変化	久保篤規
	2102	燧灘-高縄半島下における中央構造線系の深部構造と断層活動に関する研究	久保篤規
九州大学	2201	別府-島原地溝帯における地震活動と火山活動の相互作用の研究	清水洋
	2202	九州地域(日向灘)におけるプレート境界近傍での応力場の時空間変化	植平賢司
	2203	内陸地震断層およびセグメント境界での不均質構造とひずみ集中機構の解明	松本聡
	2204	実地震における初期破壊と主破壊の連関性の解明	竹中博士
	2205	九州地域における長周期及びやや長周期地震動の生成過程の理解と予測に向けた研究	竹中博士
	2206	マグマの発泡過程に注目した噴火履歴・多様性・推移の定量的把握と支配要因の特定	寅丸敦志
	2207	新世代通信データ伝送システムの開発	松島健
鹿児島大学	2301	日向灘南部・南西諸島北部域におけるプレート間カップリングの解明	後藤和彦
立命館大学	2401	南アフリカ大深度金鉱山における準備期・直前期の地震破壊域近傍の岩盤挙動の観測	小笠原宏
	2402	南アフリカ大深度金鉱山における微小破壊・微小地震観測	川方裕則
東海大学	2501	電磁気学的広帯域先行現象の観測的検証とその発現メカニズムに関する研究	長尾年恭
(独)防災科学技術研究所	3001	地殻活動総合モニタリング	汐見勝彦
	3002	火山観測網整備	棚田俊收
	3003	地震発生と波動伝播の連成シミュレーション	福山英一
	3004	スロースリップイベントの発生サイクルシミュレーション	廣瀬仁
	3005	地震波速度構造等に基づく地震発生ポテンシャル評価法の研究	松原誠
	3006	噴火予測システムの開発	上田英樹
	3007	統合地震波形データベースの構築	齊藤竜彦
	3008	地震波速度・減衰・熱・温度・地質等総合データベースの構築	松原誠
	3009	日本列島における地殻・上部マントル構造の解明	浅野陽一
	3010	南海トラフ巨大地震発生による富士山噴火連動評価に関する研究	藤田英輔
	3011	プレート境界すべり及び内陸地震活動評価に関する研究	廣瀬仁、浅野陽一
	3012	アジア・太平洋における地震火山観測研究	熊谷博之
	3013	強震波形データを利用した震源過程の推定	青井真
	3014	噴火機構の解明と火山噴火シミュレーション開発	藤田英輔
	3015	高速剪断摩擦試験機を用いた断層摩擦の研究	福山英一
	3017	SAR干渉解析による地殻変動把握技術の高度化およびその活用に関する研究	小澤拓
	3018	火山活動把握のためのリモートセンシング技術活用	實淵哲也
	3019	GPS解析手法の高度化	島田誠一
	3020	深層等高温用地震計の開発	功刀卓
(独)海洋研究開発機構	4001	プレート境界型地震発生サイクルの再現性の向上	金田義行
	4002	収束型プレート境界での地殻進化メカニズムの解明	巽好幸
	4003	深海地球ドリリング計画	倉本真一
	4004	南海掘削研究	巽好幸
	4005	総合海底観測ネットワークシステムの技術開発	金田義行
(独)産業技術総合研究所	5001	地球観測衛星による火山観測の研究	浦井稔
	5002	地下水等総合観測による地震予測精度の向上	小泉尚嗣
	5003	内陸地震発生予測シミュレーターの開発	桑原保人
	5004	地震や火山活動に関係する地質情報データベース	小泉尚嗣
	5005	火山地質図整備及び噴火シナリオの作成・高度化	中野俊
	5006	連動海溝型地震の履歴とメカニズム解明	穴倉正展
	5007	極微小地震と深部低周波微動を用いたプレート境界の応力場推定	今西和俊
	5008	断層周辺の地下構造調査への地震波干渉法等の適用	伊藤忍
	5009	火山性流体の移動評価に基づく噴火現象の解明	篠原宏志
	5010	断層深部における変形・すべり過程の解明	増田幸治

機 関 名	研究課題	研究課題名	担当者名
国土地理院	6001	GPS連続観測(GEONET)	飛田幹男
	6002	地殻上下変動監視	飛田幹男
	6003	地殻水平変動監視	飛田幹男
	6004	物理測地観測	飛田幹男
	6005	潮位連続観測	飛田幹男
	6006	合成開口レーダー	飛田幹男
	6007	機動観測	飛田幹男
	6008	地殻変動連続観測	飛田幹男
	6009	GPS・潮位データベース整備・更新	飛田幹男
	6010	火山基本図・火山土地条件図整備	飛田幹男
	6011	地殻活動総合解析システム	飛田幹男
	6012	都市圏活断層図整備	飛田幹男
	6013	広域地殻変動監視	飛田幹男
	6014	プレート境界面上の滑りと固着の時空間変化の把握	飛田幹男
	6015	ひずみ集中帯の地殻変動特性	飛田幹男
	6016	火山地殻変動モデリング	飛田幹男
	6017	GPS解析技術の高度化	飛田幹男
	6018	SAR解析技術の高度化	飛田幹男
	6019	GPS火山変動リモート観測装置(REGMOS)	飛田幹男
気象庁	7001	検潮観測	永井千春
	7002	震源決定精度の向上	足達晋平
	7003	地震活動異常を定量的に評価・診断するシステムの構築	宮岡一樹
	7004	発震機構解析の高度化	碓井勇二
	7005	震源過程解析の実施と高度化	岩切一宏
	7006	全国における火山観測	舟崎淳
	7007	日本域における地磁気の基準値観測	福井敬一
	7008	自己浮上式海底地震計観測による宮城県沖の地震活動	齋藤誠
	7009	活動的火山における全磁力観測	山崎明
	7010	地殻変動監視、潮位データ利用の高度化	長谷川 浩
	7011	東海地震予知技術と南海トラフ沿いの地殻活動監視技術の高度化に関する研究 -監視・解析技術の高度化-	勝間田明男
	7012	地震活動の特徴抽出による地震発生予測の研究	前田憲二
	7013	火山噴火シナリオの作成	藤原善明
	7014	火山活動の総合判断	舟崎淳
	7015	全国地震カログの作成	足達晋平
	7016	過去にさかのぼった震源再決定	太田貴郎
	7017	地磁気永年変化のデータベースの構築	石井美樹
	7018	活火山データベース整備	坂井孝行
	7019	地殻変動観測による火山活動監視評価と噴火シナリオの高度化に関する研究	山本哲也
	7020	伊豆半島東部における地磁気全磁力及び自然電位観測	笹岡雅宏
	7021	沖合・沿岸津波観測等による津波の高精度予測に関する研究	前田憲二
	7022	気象観測技術等を活用した火山監視・解析手法の高度化に関する研究	山本哲也
	7023	東海地震予知技術と南海トラフ沿いの地殻活動監視技術の高度化に関する研究 -地震発生シミュレーション技術の高度化-	前田憲二
	7024	海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究	勝間田明男
海上保安庁	8001	験潮	熊谷武
	8002	地殻変動監視観測	佐藤まりこ
	8003	海域火山観測	鈴木晃、小山薫
	8004	海域における地形・活断層調査	成田学
	8005	海洋測地の推進	佐藤まりこ
	8006	海底地殻変動観測	佐藤まりこ

16. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の個別課題一覧(建議項目順)

建議項目区分	研究課題	研究課題名	担当者名
1-(1)-ア	1201	常時微動や後続波を用いた地下構造モニタリング法の研究	中原恒
	1401	地震活動・火山現象のモニタリングシステムの高度化	卜部卓
	3001	地殻活動総合モニタリング	汐見勝彦
	5001	地球観測衛星による火山観測の研究	浦井稔
	6001	GPS連続観測(GEONET)	飛田幹男
	6002	地殻上下変動監視	飛田幹男
	6003	地殻水平変動監視	飛田幹男
	6004	物理測地観測	飛田幹男
	6005	潮位連続観測	飛田幹男
	6006	合成開口レーダー	飛田幹男
	7001	検潮観測	永井千春
	7002	震源決定精度の向上	足達晋平
	7003	地震活動異常を定量的に評価・診断するシステムの構築	宮岡一樹
	7004	発震機構解析の高度化	碓井勇二
	7005	震源過程解析の実施と高度化	岩切一宏
	7006	全国における火山観測	舟崎淳
	7007	日本域における地磁気の基準値観測	福井敬一
	8001	験潮	熊谷武
	8002	地殻変動監視観測	佐藤まりこ
	8003	海域火山観測	鈴木晃、小山薫
1-(1)-イ	1202	宮城県沖プレート境界の多項目・高精度モニタリングによる大地震発生過程の解明	日野亮太
	1402	特定地域の地殻活動モニタリングシステムの高度化	平田直
	1901	比抵抗連続観測による阿蘇中岳火口浅部熱水系モニタリングの高度化	宇津木充
	3002	火山観測網整備	棚田俊收
	6007	機動観測	飛田幹男
	7008	自己浮上式海底地震計観測による宮城県沖の地震活動	齋藤誠
	7009	活動的火山における全磁力観測	山崎明
	8004	海域における地形・活断層調査	成田学
1-(1)-ウ	1403	東南海・南海地域および日本海溝・千島海溝周辺の地殻活動モニタリングの高度化	篠原雅尚
	1404	東海地方における地殻活動モニタリングの高度化	加藤照之
	1701	駿河-南海トラフ周辺における多項目統合モニタリング	山岡耕春
	1801	南海トラフにおける巨大地震発生の予測高度化を目指した複合的モニタリング手法の開発	澁谷拓郎
	2101	四国から紀伊半島にかけての前弧域周辺の応力場の時空間変化	久保篤規
	5002	地下水等総合観測による地震予測精度の向上	小泉尚嗣
	6008	地殻変動連続観測	飛田幹男
	7010	地殻変動監視、潮位データ利用の高度化	長谷川 浩
	7011	東海地震予知技術と南海トラフ沿いの地殻活動監視技術の高度化に関する研究 -監視・解析技術の高度化-	勝間田明男
	1-(2-1)-ア	1702	プレート境界地震のための地殻活動予測シミュレーション・データ同化システムの構築
3003		地震発生と波動伝播の連成シミュレーション	福山英一
3004		スロースリップイベントの発生サイクルシミュレーション	廣瀬仁
4001		プレート境界型地震発生サイクルの再現性の向上	金田義行
7023		東海地震予知技術と南海トラフ沿いの地殻活動監視技術の高度化に関する研究 -地震発生シミュレーション技術の高度化-	前田憲二
1-(2-1)-イ	1405	予測シミュレーションモデル高度化のための手法開発	亀伸樹
	5003	内陸地震発生予測シミュレーターの開発	桑原保人
1-(2-1)-ウ	1406	地震発生予測のための地震活動評価手法の基盤構築	鶴岡弘
	1802	地震発生頻度のリアルタイム予測	JamesMori
	3005	地震波速度構造等に基づく地震発生ポテンシャル評価法の研究	松原誠
	7012	地震活動の特徴抽出による地震発生予測の研究	前田憲二
1-(2-2)-ア	1407	伊豆大島、桜島、有珠山の噴火シナリオの試作(活動的火山における噴火シナリオの作成)	中田節也
	7013	火山噴火シナリオの作成	藤原善明
1-(2-2)-イ	1408	噴火シナリオに基づく推移予測の試行	中田節也
	3006	噴火予測システムの開発	上田英樹
	7014	火山活動の総合判断	舟崎淳
1-(3)-ア	1001	全国ひずみ・傾斜データの流通と一元化	高橋浩晃
	1409	古い地震記象の整理及びデータベースの構築	佐竹健治
	1803	歴史地震記録の電子化	飯尾能久
	3007	統合地震波形データベースの構築	齊藤竜彦
	6009	GPS・潮位データベース整備・更新	飛田幹男
	6010	火山基本図・火山土地条件図整備	飛田幹男
	7015	全国地震カログの作成	足達晋平
	7016	過去にさかのぼった震源再決定	太田貴郎
	7017	地磁気永年変化のデータベースの構築	石井美樹
	7018	活火山データベース整備	坂井孝行
1-(3)-イ	1703	日本列島地殻活動総合相関評価システムの研究	山岡耕春
	1804	日本列島の地殻構造データベースのプロトタイプ構築	大見士朗
	3008	地震波速度・減衰・熱・温度・地質等総合データベースの構築	松原誠
	5004	地震や火山活動に係る地質情報データベース	小泉尚嗣
	5005	火山地質図整備及び噴火シナリオの作成・高度化	中野俊
	6011	地殻活動総合解析システム	飛田幹男



建議項目区分	研究課題	研究課題名	担当者名
	6012	都市圏活断層図整備	飛田幹男
2-(1)-ア	1410	日本周辺のプレート運動の精密推定	加藤照之
	2102	燧灘-高縄半島下における中央構造線系の深部構造と断層活動に関する研究	久保篤規
	6013	広域地殻変動監視	飛田幹男
	8005	海洋測地の推進	佐藤まりこ
2-(1)-イ	1203	沈み込み帯の水循環の全容解明	中島淳一
	1603	沈み込み帯のマグマ発生と地殻変動のダイナミクス	岩森光
	4002	収束型プレート境界での地殻進化メカニズムの解明	巽好幸
2-(1)-ウ	1204	地震波を用いた解析に基づく地殻構造と地震・火山活動の関係の解明	中島淳一
	1301	東北日本弧の詳細な地殻比抵抗構造の解明	西谷忠師
	1411	ネットワークMT法観測による広域深部比抵抗構造の解明	上嶋誠
	1412	非火山性地震の発生メカニズムの解明-震源域深部の地殻内流体との相互作用	加藤愛太郎
	1601	電磁気探査による内陸地震と火山地域の地殻内流体イメージング	小川康雄
	1806	飛騨山脈における地殻流体の動きの解明	飯尾能久
	2001	中国・四国地方の電気比抵抗構造と地震・火山活動の関連に関する研究	塩崎一郎
	3009	日本列島における地殻・上部マントル構造の解明	浅野陽一
2-(1)-エ	1413	フィリピン海プレート北縁における地殻構造と火山深部構造の解明	森田裕一
	1805	日向灘の地震活動と南九州の火山活動の相互作用および応力伝播・物質移動過程のモデル化	橋本学
	2201	別府-島原地溝帯における地震活動と火山活動の相互作用の研究	清水洋
	3010	南海トラフ巨大地震発生による富士山噴火連動評価に関する研究	藤田英輔
2-(1)-オ	1002	北海道周辺域の連動型巨大地震・プレート運動の解明による衝突帯モデルの構築	谷岡勇市郎
	1414	大規模活断層システムにおける長期地殻歪みの蓄積過程の解明	佐藤比呂志
	1704	活断層の地表形状・ずれ量データにもとづく地震発生予測	鈴木康弘
	5006	連動海溝型地震の履歴とメカニズム解明	穴倉正展
2-(2-1)-ア	1205	アスペリティの特性解明に向けた観測研究	日野亮太
	1415	プレート境界の固着域とその深部延長上遷移領域の構造と物理特性の解明	飯高隆
	1416	海域から陸域までの総合的調査・観測によるアスペリティの実体解明	篠原雅尚
	2202	九州地域(日向灘)におけるプレート境界近傍での応力場の時空間変化	植平賢司
	2301	日向灘南部・南西諸島北部域におけるプレート間カップリングの解明	後藤和彦
	4003	深海地球ドリリング計画	倉本真一
	5007	極微小地震と深部低周波微動を用いたプレート境界の応力場推定	今西和俊
	8006	海底地殻変動観測	佐藤まりこ
2-(2-1)-イ	1101	東北日本沈み込み帯のプレート境界における応力敏感構造の解明	小菅正裕
	1206	ゆっくり滑りの発生機構とアスペリティとの相互作用の解明	伊藤喜宏
	3011	プレート境界すべり及び内陸地震活動評価に関する研究	廣瀬仁, 浅野陽一
	3012	アジア・太平洋における地震火山観測研究	熊谷博之
	6014	プレート境界面上の滑りと固着の時空間変化の把握	飛田幹男
2-(2-1)-ウ	1003	衝突帯における火山フロントでの地殻強度異常場のモデル化	高橋浩晃
	1207	内陸地震発生過程の解明	岡田知己
	1417	濃尾断層系における歪・応力集中過程と破壊様式解明のための総合的研究	岩崎貴哉・飯高隆
	1705	内陸地震発生域における応力蓄積状態の解明	鷺谷威
	1807	注水実験による内陸地震の震源断層の微細構造と回復過程の研究	西上欽也
	1808	断層面および断層周辺の不均質性に基づく断層への応力集中過程の解明	大志万直人
	2203	内陸地震断層およびセグメント境界での不均質構造とひずみ集中機構の解明	松本聡
6015	ひずみ集中帯の地殻変動特性	飛田幹男	
2-(2-1)-エ	1208	スラブ内地震の発生に至る過程の解明	松澤暢
	1418	スラブ内地震とプレート境界地震の相互作用	望月公廣
2-(2-2)-ア	1209	地震波トモグラフィと高サンプリングGPS観測に基づくマグマ上昇・蓄積過程の研究	植木貞人
	1602	水蒸気爆発発生場における火山性流体の化学組成と比抵抗構造のモニタリング	野上健治
	1809	桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究	井口正人
	6016	火山地殻変動モデリング	飛田幹男
	7019	地殻変動観測による火山活動監視評価と噴火シナリオの高度化に関する研究	山本哲也
2-(2-2)-イ	1004	活動的火山の噴火履歴と噴出物の物質科学的解析による噴火準備過程の解明	中川光弘
2-(3-1)-ア	1005	地震に関連する電磁気現象の観測研究	茂木透
	1419	大地震サイクルと関連した地震活動変化の詳細な解明	鶴岡弘
	1502	地殻流体のフラックス測定に基づいた化学的地震先行現象発現機構の解明	田中秀実
	1810	地震波干渉法による構造変化の検出手法の開発	大見士朗
	2401	南アフリカ大深度金鉱山における準備期・直前期の地震破壊域近傍の岩盤挙動の観測	小笠原宏
	2501	電磁気学的広帯域先行現象の観測的検証とその発現メカニズムに関する研究	長尾年恭
	7020	伊豆半島東部における地磁気全磁力及び自然電位観測	笹岡雅宏
2-(3-1)-イ	1210	準静的滑りの時空間変化に基づく地震発生切迫度評価の研究	内田直希
	1420	南アフリカ大深度金鉱山における応力パラメタの先行変化の発生機構の解明	加藤愛太郎
	1421	大地震サイクルと地震活動の関連を説明する物理メカニズムの提案	中谷正生
	1811	近畿地方北部における地殻活動異常と地震先行現象の関係の解明	片尾浩
2-(3-2)-ア	1211	マルチスケール・アスペリティモデルの構築と拡張	岡田知己
	1422	震源断層の不均質破壊過程と動的特性	瀬藤一起
	1423	南アフリカ大深度金鉱山における断層破壊面極近傍の精細な力学的破壊過程の推定	三宅弘恵
	1503	動的破壊と非地震性すべりの不均質性とスケール法則の解明	井出哲
	1812	アスペリティと強震動生成過程の関係に関する研究	岩田知孝
	2204	実地震における初期破壊と主破壊の連関性の解明	竹中博士
	3013	強震波形データを利用した震源過程の推定	青井真
	5008	断層周辺の地下構造調査への地震波干渉法等の適用	伊藤忍
	7024	海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究	勝間田明男

建議項目区分	研究課題	研究課題名	担当者名
2-(3-2)-イ	1006	逐次津波波形解析による津波励起波源の推定	谷岡勇市郎
	1212	高精度リアルタイム津波予測システムの開発	日野亮太
	1424	広帯域シミュレーションによる強震動・津波予測	古村孝志
	1813	プレート境界巨大地震による堆積盆地の広帯域強震動の予測に関する研究	関口春子
	2205	九州地域における長周期及びやや長周期地震動の生成過程の理解と予測に向けた研究	竹中博士
	7021	沖合・沿岸津波観測等による津波の高精度予測に関する研究	前田憲二
2-(3-3)-ア	1213	機動的な多項目観測による火山爆発機構の研究	西村太志
	1425	浅間山における火道内部構造の解明に基づく噴火過程の研究	武尾実
	1504	火山噴火過程における火山ガス挙動の観測：ガス蓄積過程とガス放出推移の理解	森俊哉
	3014	噴火機構の解明と火山噴火シミュレーション開発	藤田英輔
	5009	火山性流体の移動評価に基づく噴火現象の解明	篠原宏志
2-(3-3)-イ	1007	試掘探査を基軸とした有珠山における浅部噴火発生場の検証研究	大島弘光
	1426	噴火推移および事象に関する発生予測の数値的検討	中田節也
2-(4)-ア	1214	実験と自然観察が明らかにするマイクロとマクロの地震の関与する地殻流体の実態	土屋範芳
	1215	摩擦すべりに伴うエネルギー散逸過程の解明	矢部康男
	1427	地殻・上部マントル岩石変形の物理過程の解明	中谷正生
	1814	岩石摩擦の物理的素過程に関する実験的研究	加納靖之
	5010	断層深部における変形・すべり過程の解明	増田幸治
2-(4)-イ	1428	可観測物性の状態・環境への依存性	平賀岳彦
	4004	南海掘削研究	巽好幸
2-(4)-ウ	2402	南アフリカ大深度金鉱山における微小破壊・微小地震観測	川方裕則
	3015	高速剪断摩擦試験機を用いた断層摩擦の研究	福山英一
2-(4)-エ	1216	浅部火山性流体挙動の理論的・実験的研究	西村太志
	1429	爆発的噴火におけるマグマと波動の放出素過程に関する研究	市原美恵
	1430	噴火に伴うマグマ中の揮発性成分変化に関する研究	安田敦
	2206	マグマの発泡過程に注目した噴火履歴・多様性・推移の定量的把握と支配要因の特定	寅丸敦志
3-(1)-ア	1217	海底地殻変動観測システムの高度化	木戸元之
	1706	GPS／音響方式海底地殻変動観測システムの高度化	田所敬一
3-(1)-イ	1431	次世代の機動的な海底地殻変動観測に向けた観測技術の高度化	篠原雅尚
	1432	次世代の機動的な海底地震観測に向けた観測技術の高度化	塩原肇
3-(1)-ウ	1433	次世代インライン式海底ケーブル地震計の開発・高度化	篠原雅尚
	4005	総合海底観測ネットワークシステムの技術開発	金田義行
3-(2)-ア	1218	高サンプリングGPS観測・解析技術の高度化と火山観測への応用	太田雄策
	1434	干渉合成開口レーダー解析の高度化	青木陽介
	3017	SAR干渉解析による地殻変動把握技術の高度化およびその活用に関する研究	小澤拓
	6017	GPS解析技術の高度化	飛田幹男
	6018	SAR解析技術の高度化	飛田幹男
3-(2)-イ	0101	航空機等からの先端リモートセンシング技術(SAR等)を用いた地表面変動の把握技術の開発	浦塚清峰
	1435	無人ヘリコプターによる火山近傍観測システムの開発	小山崇夫
	1436	衛星赤外画像による噴火推移の観測と類型化に関する研究	金子隆之
	3018	火山活動把握のためのリモートセンシング技術活用	實淵哲也
	7022	気象観測技術等を活用した火山監視・解析手法の高度化に関する研究	山本哲也
3-(3)-ア	1438	宇宙線観測による構造探査技術の高度化	大久保修平
	1707	精密制御信号システム(アクロス)による地下の高精度常時モニタリング技術の高度化	渡辺俊樹
	3019	GPS解析手法の高度化	島田誠一
3-(3)-イ	1439	小型絶対重力計の開発	新谷昌人
	2207	新世代通信データ伝送システムの開発	松島健
	6019	GPS火山変動リモート観測装置(REGMOS)	飛田幹男
3-(3)-ウ	1440	光技術を利用した大深度ボアホール用地震地殻変動観測装置の開発	新谷昌人
	3020	深層等高温用地震計の開発	功刀卓



## 17. 東京大学地震研究所（共同利用・共同研究拠点）の予知公募研究リスト

年度	研究課題名	研究代表者	共同研究者数
平成 21	地震火山現象に関する統合データベースの構築	大見士朗 京大防災研	3名
平成 21 ～23	3次元比抵抗構造解析による東北日本前弧ひずみ集中帯の地殻内流体の不均質分布の解明	小川康雄 東工大火山流体	4名
平成 21 ～23	岩木山の噴火履歴とマグマ発達過程の解明に関する研究	伴 雅雄 山形大理	3名
平成 21 ～23	衛星による地震関連電離圏擾乱の検証とメカニズムの解明	鴨川 仁 学芸大物理	2名
平成 21 ～23	花崗岩のトランジェントな載荷・除荷にともなって生成される電場・磁場の観測	加納靖之 京大防災研	2名
平成 21 ～23	活動火口に形成された強酸性火口湖における水温モニタリングシステムの開発(3)	寺田暁彦 東工大火山流体	3名
平成 21 ～23	地震発生先行過程に伴うラドン放出・電磁放射と地殻変形	長濱裕幸 東北大	4名
平成 21 ～23	透過弾性波を用いた岩石の破壊過程のイメージング	川方裕則 立命館	2名
平成 21 ～23	マイクロアスペリティーでの力学現象の解明	増田俊明 静岡大理	2名
平成 21 ～23	雌阿寒岳過去 1000 年間の噴火履歴と噴火推移予測	和田恵治 北海道教育大	3名
平成 22	地震に関連する大気擾乱の検証と発生メカニズムの検討	山本 勲 岡山理科大	3名
平成 22 ～23	火山水蒸気爆発機構解明の新展開	植木貞人 東北地震火山	2名
平成 22 ～23	臨界現象の概念に基づいた大地震前における臨界点の検知	上田誠也 地震研（名誉）	2名
平成 23	活動的火山における火口近傍観測用自走式センサー「ほむら」の開発	金子克哉 京大人間環境	3名

18.「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」実施機関(地震・火山) ○:地震 ▲:火山

関係機関名		年度	(昭和40 ~43年度)	(昭和44 ~48年度)	(昭和49 ~53年度)	(昭和54 ~58年度)	(昭和59 ~63年度)	(平成元 ~5年度)	(平成6 ~10年度)	(平成11 ~15年度)	(平成16 ~20年度)	(平成21 ~25年度)
総務省	独立行政法人情報通信研究機構(※1) (郵政省:通信総合研究所)					○	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
文部科学省	国立大学法人等(※2)											
	東京大学地震研究所(共同利用・共同研究拠点)	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	京都大学防災研究所(共同利用・共同研究拠点)	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	北海道大学大学院理学研究院	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	東北大学大学院理学研究科	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	京都大学大学院理学研究科	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	名古屋大学大学院環境学研究科	○	○	○	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	秋田大学大学院工学資源学研究科	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ▲	○ ▲
	高知大学理学部	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○ ▲	○ ▲
	鳥取大学大学院工学研究科			○	○	○	○	○	○	○	○ ▲	○ ▲
	東京大学大学院理学系研究科			○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	九州大学大学院理学研究院			▲	▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	弘前大学理工学部				○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	鹿児島大学大学院理工学研究科						○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	東京工業大学大学院理工学研究科								○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	東京工業大学火山流体研究センター									▲	▲	▲
	立命館大学総合理工学研究機構											○ ▲
	東海大学海洋研究所											○ ▲
	独立行政法人防災科学技術研究所	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	独立行政法人海洋研究開発機構(※3)										○ ▲	○ ▲
経済産業省	独立行政法人産業技術総合研究所 (通商産業省:工業技術院地質調査所)	○	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
国土交通省	国土地理院(建設省:国土地理院)	○	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	気象庁(運輸省:気象庁)	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲
	海上保安庁(運輸省:海上保安庁水路部)	○	○	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲	○ ▲

(注)平成13年1月6日に省庁再編及び4月1日に一部機関の独立行政法人化

(※1)平成16年4月1日から「独立行政法人情報通信研究機構」

(※2)平成16年4月1日から「国立大学法人」

(※3)平成16年4月1日から「独立行政法人海洋研究開発機構」

## 19. 国際共同研究一覧

日本側機関	相手側機関（相手国）	研究課題	協定・覚書名	実施年度
北海道大学	アラスカ大学 University of Alaska	教育研究交流、北太平洋地域の地震及び火山活動に関する学術共同研究。	学術協力協定	平成13年～
北海道大学大学院理学研究院	ロシア科学アカデミー本部 Russian Academy of Sciences	ロシア極東地域での地震及び火山噴火研究分野での学術共同研究と防災への利用。	覚書交換による地震火山分野の研究・学術協力 Geodynamics Project of Far East 日露科学技術協力、日露防災プログラムの一部を含む。	平成22年～25年
北海道大学大学院理学研究院	ロシア科学アカデミー地球物理調査所サハリン管区地震観測所	サハリン管区地震観測所の管轄する地震観測点における広帯域および高感度地震観測の実施および運用。	覚書交換によるサハリン管区管轄区域における地震観測における研究協力	平成22年～25年
北海道大学大学院理学研究院	ロシア国立極東総合大学 Far Eastern National University	測地学・地震・火山研究分野での教育研究協力。	覚書交換による地球科学分野の研究学術協力	平成22年～25年
北海道大学・東北大学・名古屋大学・	アラスカ大学フェアバンクス校・アラスカ火山観測所（米国） Alaska Volcano Observatory, University of Alaska Fairbanks	「干渉SARとGPS観測網による火山体変動の検出」 Volcano deformation detected by InSAR and GPS network	宇宙開発事業団による国際北極圏研究センター共同研究	平成11年10月～14年9月
東京大学地震研究所	地震学研究連合 Incorporated Research Institutions for Seismology	海底ケーブルを利用した地球物理学研究	海底ケーブルに関する日米共同研究の協定	平成13年～23年
東京大学地震研究所	インドネシア気象地球物理学庁 Bureau of Meteorology and Geophysics, The Republic of Indonesia	インドネシアにおける地震観測に関する共同研究	インドネシアにおける地球物理学観測に関する覚書	平成14年～19年
東京大学地震研究所	中国地震局地質研究所 Institute of Geology, Seismological Bureau of China	地球測地に関する共同研究	学術協力協定	平成15年～24年
東京大学地震研究所	ウッズホール海洋研究所 Wood Hole Oceanographic Institution	学術交流	学術協力協定	平成16年～26年
東京大学地震研究所	中国地震局国際合作司	学術交流	学術協力協定	平成17年～22年
東京大学地震研究所	中国科学院研究生院地球科学学院 College of Earth Science, Graduate University of Chinese Academy of Sciences	学術交流	学術協力協定	平成17年～22年
東京大学地震研究所	ロシア科学アカデミー応用数学研究所 Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Science.	西太平洋及び東アジアにおける地球科学研究の国際共同研究	学術協力協定	平成17年～26年

日本側機関	相手側機関(相手国)	研究課題	協定・覚書名	実施年度
東京大学地震研究所	モンゴル科学アカデミー天文地球物理研究センター Research Center for Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences	宇宙測地及びGPS観測に関する共同研究	学術協力協定	平成17年～22年
東京大学地震研究所	ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋研究所 The Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences	GPS観測による地球ダイナミクス研究	ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋研究所との共同研究に関する合意書	平成17年～22年
東京大学地震研究所	中国科学院研究生院地球科学学院 College of Earth Science, Graduate University of Chinese Academy of Sciences	学術交流	中国科学院研究生院地球科学学院と東京大学地震研究所との間における相互協力に関する覚書	平成17年～23年
東京大学地震研究所	モスクワ大学・ロシア科学アカデミー火山地震研究所(ロシア) Moscow State University, Institute of Volcanology & Seismology Far East Branch, Russian Academy of Science	火山噴火のモデリングおよびその日本およびカムチャッカ地域の火山への応用 Modeling of volcanic eruptions and its application to volcanoes in Japan and Kamchatka areas	学術協力協定	平成17年度～23年度
東京大学地震研究所	南カリフォルニア地震センター Southern California Earthquake Center	地震発生確率に関する研究	学術協力協定	平成18年～28年
東京大学地震研究所	アイランドエコノミック&エンバイロメンタル社 Island Economic&Environmental Co.	地磁気観測による地球内部構造に関する研究	東京大学地震研究所とアイランドエコノミック&エンバイロメンタル社間のマジュロにおける長期地磁気観測の実施に関する覚書	平成18年～23年
東京大学地震研究所	ベトナム国立自然科学技術センター地球物理研究所 The Institute of Geophysics, Vietnamese Academy of Science and Technology, Socialist Republic of Vietnam	ベトナムにおける広帯域地震観測に関する研究	地球物理学分野に関する覚書	平成18年～23年
東京大学地震研究所	タイ王国マヒドール大学理学部 Faculty of Science, Mahidol University, Thailand	地磁気観測による地球内部構造研究	タイ王国マヒドール大学理学部とのカンチャナブリ地方における地磁気観測点の設置と長期共同観測の実施に関する協定	平成18年～23年
東京大学地震研究所	リオデジャネイロ州立大学科学技術センター Universidade do Estado do Rio de Janeiro Centro de Tecnologia e Ciencias	学術交流	学術協力協定	平成18年～23年
東京大学地震研究所	ロシア基礎科学財団 Russian Foundation for Basic Research	アジア-太平洋海陸遷移地域における地磁気変動に関する共同研究	学術協力協定	平成19～20年度
東京大学地震研究所	インドネシア科学院 Indonesian Institute of Sciences	ジャワ島西部並びにアチェにおけるGPSを用いた地殻変動の研究	学術協力協定	平成19～20年度
東京大学地震研究所	インドネシア科学院 Indonesian Institute of Sciences	強震動シミュレーションとその地盤工学的解釈に関する研究	学術協力協定	平成19～20年度
東京大学地震研究所	中国地震局地質研究所 Institute of Geology, Seismological Bureau of China	地球電磁気観測による	学術協力協定	平成20年～25年
東京大学地震研究所	インド科学技術庁 Department of Science and Technology	アンダマン諸島における古地震調査	学術協力協定	平成20年度

日本側機関	相手側機関(相手国)	研究課題	協定・覚書名	実施年度
東京大学地震研究所	西ブルターニュ大学ヨーロッパ海洋研究所 The University of Western Brittany, European Institute of Marine	学術交流	学術協力協定	平成22年～27年
東京大学地震研究所	中国地震局国際合作司	学術交流	学術協力協定	平成22年～27年
東京大学地震研究所	国立科学研究センター Centre National de la Recherche Scientifique	非晶質系の非線形力学応答	学術協力協定	平成22年度
東京大学地震研究所	スペイン国立研究協議会 Jaume Almera地球科学研究所 The Institute of the Earth Sciences Jaume Almera of the Spanish National Research Council	地震波構造探査とテクトニクスに関する研究	東京大学地震研究所とスペイン国立研究協議会Jaume Almera地球科学研究所間の共同研究についての包括的基本合意	平成23年～
東京大学地震研究所	パリ地球物理研究所 Institute of physics of earth of Paris	学術交流	学術協力協定	平成23年～28年
東京大学地震研究所	ロシア基礎科学財団 Russian Foundation for Basic Research	アジア大陸東北部における上部マントル電機伝導度に関する日露共同研究	学術協力協定	平成23年度
東京大学地震研究所	アラスカ大学フェアバンクス校(米国), ミュンヘン大学(ドイツ), 台湾中央科学院(中華民国) University of Alaska, Fairbanks. University of Munich. Academia Sinica, Taiwan	雲仙火山: 科学掘削による噴火機構とマグマ活動解明のための国際共同研究 Unzen Volcano: International Cooperative Research with Scientific Drilling for Understanding Eruption Mechanisms and Magmatic Activity	学術協力協定	平成11年度～16年度
東京大学地震研究所	フランス外務省 Ministère des Affaires Etrangères et Européennes in France	大気・惑星の地震学: 地震後の電離層擾乱から惑星の内部構造まで	学術協力協定	平成19年度
東京大学理学系研究科地殻化学実験施設	ITER(スペイン) Institute of Technology and Renewable Energy	陸域火山活動による全地球的な二酸化炭素の大気への拡散放出 Global diffuse carbon dioxide emission to the atmosphere by subaerial volcanism	学術協力協定	平成16年度～
名古屋大学	フィリピン火山・地震研究所(フィリピン) Philippine Institute of Volcanology and Seismology	フィリピン地震火山監視強化と防災情報の利活用推進(タール火山とマヨン火山におけるリアルタイムGPS観測) Enhancement of Earthquake and Volcano Monitoring and Effective Utilization of Disaster Mitigation Information in the Philippines	JST-JICAのODA事業であり、協定書は本研究の代表者である防災科学技術研究所が提携する	平成21年4月～平成24年
名古屋大学環境学研究所	アラスカ大学地球物理学研究所 Geophysical Institute, University of Alaska	「干渉SARとGPS観測網による火山体変動の検出」 Volcano deformation detected by InSAR and GPS network	学術協力協定	平成14年～19年
名古屋大学環境学研究所	バンドン工科大学土木工学部 Faculty of Civil Engineering and Planning, Institut Teknologi Bandung	バツール火山における地震・地殻変動の観測とそのメカニズムの解明 Seismic and ground deformation observation and research on the volcanic activity	学術協力協定	平成15年～20年
名古屋大学環境学研究所	シクラ大学理学部 Faculty of Basic Science, Syiah Kuala University	2004年スマトラ沖地震津波の発生過程とスマトラ断層における歪み蓄積過程の解明 Research on rupture process of the 2004 Sumatra Earthquake and strain accumulation process of Sumatra Fault	学術協力協定	平成17年～22年
名古屋大学環境学研究所	フィリピン大学ディリマン校 University of the Philippines, Diliman	フィリピン断層における巨大地震発生ポテンシャルの解明 Research on potential of earthquake occurrence along Philippine Fault	学術協力協定	平成18年～23年

日本側機関	相手側機関（相手国）	研究課題	協定・覚書名	実施年度
名古屋大学	バンドン工科大学・インドネシア鉱山エネルギー省地質鉱物資源総局（インドネシア） Institute Technology Bandung, • Volcanological Survey of Indonesia	バツール火山における地震・地殻変動の観測とそのメカニズムの解明 Seismic and ground deformation observation and research on the volcanic activity	協定書なし	平成16年4月～18年3月
京都大学防災研究所	南カリフォルニア地震センター Southern California Earthquake Center	地震の発生過程の解明	学術協力協定	平成18年～23年
京都大学防災研究所	エネルギー鉱物資源省地質学院（インドネシア） Geology Agency, Ministry of Mines and Energy The Republic of Indonesia	インドネシアの火山物理学とテクトニクスに関する研究 Research on Physical Volcanology and Tectonics of Indonesia	学術協力協定	平成5年～
京都大学理学研究科	米国地質調査所（米国） U.S. Geological Survey	火山活動に伴う電磁場の発生機構—阿蘇とロングバレーの比較研究— Transient Electromagnetic Field Generation on Active Volcanoes Geneva — A Comparative Study of Long Valley and Aso Volcanic Calderas —		平成13年度～15年度
京都大学理学研究科	地質・核科学研究所（ニュージーランド） Institute of Geological & Nuclear Sciences (New Zealand)	空中磁気測量による火山性磁場変動の検出- ホワイトアイランドと日本の火山との比較研究 - Detection of volcano-magnetic change by aeromagnetic survey -- A comparative study of White Island and Japanese volcanoes		平成15年度～17年度
防災科学技術研究所	米国スクリッps海洋研究所 Scripps Inst. of Oceanography, University of California San Diego	地殻活動・プレート運動の研究 Study on crustal deformation and plate motion	日米地球環境リエゾン会合	平成10年～
防災科学技術研究所	米国地質調査所 U. S. Geological Survey	掘削による活断層の水力学的調査研究 Hydro-Mechanical Investigation of Active Faults through Drilling	日米地球環境リエゾン会合	平成10年～
防災科学技術研究所	イタリア国立地球物理学研究所 National Inst. of Geophysics(Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)	経験則に基づく地震予知手法の開発研究 Earthquake Warning Algorithms based on Empirical Formulas	日伊科技協定	平成10年～
防災科学技術研究所	ドイツ、ポツダム地球科学研究所 GeoForschungs Zentrum Potsdam	深層ボーリングを利用した地殻の研究 Study on the Earth's Crust using Deep Boreholes	日独科技協定	平成10年～
防災科学技術研究所	インドネシア気象地球物理庁 Bureau of Meteorology and Geophysics, Indonesia	地震観測網の運用とデータ交換 Joint Seismic Network Operation and Data Exchange	覚書交換による研究協力	平成13年～
防災科学技術研究所	韓国気象庁 Korea Meteorological Administration	地震観測データ交換 Arrangement on Seismological Data Exchange Between KMA and NIED	覚書交換による研究協力	平成15年～18年
防災科学技術研究所	カナダ地質調査所 Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada	沈み込み帯に発生する深部低周波微動及びスロースリップに関する比較研究 Research for deep low-frequency tremor and slow slip in subduction zones	日加環境パネル	平成16年～
防災科学技術研究所	アメリカ地震学連合 Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)	地震観測データ交換 Collaboration in seismology and geoscience	覚書交換による研究協力	平成16年～23年

日本側機関	相手側機関（相手国）	研究課題	協定・覚書名	実施年度
防災科学技術研究所	イタリア国立地球物理学火山学研究所 Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	地震危険度評価手法と南イタリア シシリへの適用 Methods for seismic hazard estimates and applications to Sicily, South Italy	日伊科技協定（エグゼクティブプログラム）	平成17年～20年
防災科学技術研究所	韓国地質資源研究院 Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources	韓国地質資源研究院と防災科学技術研究所とのMOU Memorandum of Understanding between Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources and National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention	覚書交換による研究協力	平成18年～
防災科学技術研究所	フィリピン火山地震研究所（フィリピン） Philippine Institute of Volcanology and Seismology	フィリピン地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進 Enhancement of Earthquake and Volcano Monitoring and Effective Utilization of Disaster Mitigation Information in the Philippines	覚書交換による研究協力	平成21年～
防災科学技術研究所	エクアドル地球物理研究所（エクアドル） Instituto Geofisico, Escuela Politecnica Nacional	火山災害軽減共同研究 The mitigation of volcanic hazards	覚書交換による研究協力	平成15年度～
防災科学技術研究所	イタリア国立地球物理学火山学研究所（イタリア） Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	火山溶岩流災害軽減手法の開発 Development of the Hazard Mitigation Methods for Volcanic Lava Flow	日伊科技協定（エグゼクティブプログラム）	平成17年度～平成22年度
防災科学技術研究所	米国地質調査所（米国） U.S. Geological Survey	カルデラ火山の活動についての研究 Unrest at caldera volcanoes	日米地球環境リエゾン会合	平成12年度～
海洋研究開発機構	パリ地球物理研究所（IPGP） Institut de Physique du Globe de Paris	仏領ポリネシア地域における海底火山活動の地質学的・地球化学的研究に係る調査プロジェクト	IPGPとの間の研究協力に関する実施取り決め Implementing Arrangement concerning Research Project of Geological and Geochemical Study of The Submarine Volcanism in French Polynesia between The Institute for Research on Earth Evolution of JAMSTEC and The Institut de Physique du Globe de Paris, on behalf of the UMR 6538 Universite de Bretagne Occidentale-CNRS	平成18年～
海洋研究開発機構	フランス原子力庁パマタイ測候所他	仏領ポリネシア・ホットスポット周辺における海底地球物理学的観測プロジェクト	仏領ポリネシア・ホットスポット周辺における海底地球物理学的観測プロジェクトに関する実施取決め Implementing Arrangement concerning Research Project of Seafloor Geophysical Observation near Society Hot Spot Region in French Polynesia	平成20年～
海洋研究開発機構	ベトナム国立自然科学技術センター地球物理研究所（IGP） Institute of Geophysics, Vietnamese Academy of Science and Technology, Socialist Republic of Vietnam	西太平洋地球物理ネットワークに関する研究協力	IGPとの間の地球物理観測に関する実施取決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and on Joint Geophysical Observation in Vietnam	平成20年～平成25年
海洋研究開発機構	イタリア国立地質火山研究所（INGV/RM2） ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA	海洋及び海底観測の研究開発にかかる研究協力	INGV/RM2 との研究協力に関する覚書 MEMORANDUM OF UNDERSTANDING (MOU) BETWEEN ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV/RM2) and JAMSTEC/DONET	平成20年～平成26年
海洋研究開発機構	フィリピン火山地震研究所（PHIVOLCS） Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Department of Science and Technology, Republic of the Philippines	西太平洋地球物理ネットワークに関する研究協力	PHIVOLCSとの間の地球物理観測に関する実施取決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Department of Science and Technology, Republic of the Philippines on Joint Geophysical Observation in the Philippines	平成21年～平成24年

日本側機関	相手側機関（相手国）	研究課題	協定・覚書名	実施年度
海洋研究開発機構	中国国家地震局・地震科学研究所 (IES/CEA)	地震観測、地震学マッピング、データ分析、震源構造、地殻変動、対流モデリング、マントル進化等に関する研究協力	IES/CEAとの研究協力に関する実施取決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and Institute of Earthquake Science, China Earthquake Administration	平成21年～平成24年
海洋研究開発機構	タイ王国 マヒドン大学 理学部 Faculty of Science, Mahidol University, Kingdom of Thailand	西太平洋地球物理ネットワークに関する研究協力	タイ王国マヒドン大学理学部との間の地球物理観測に関する実施取決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and Faculty of Science, Mahidol University, Kingdom of Thailand on Joint Geophysical Observation in Thailand	平成21年～平成25年
海洋研究開発機構	トンガ王国 国土調査天然資源省 (MLSNRE) Ministry of Lands, Survey, Natural Resources and Environment, Kingdom of Tonga	西太平洋地球物理ネットワークに関する研究協力	MLSNREとの間の地球物理観測に関する実施取決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and Ministry of Lands, Survey, Natural Resources and Environment, Kingdom of Tonga on Joint Geophysical Observation in Tonga	平成21年～平成25年
海洋研究開発機構	インドネシア気象気候地球物理庁 (BMKG) Meteorological Climatological and Geophysical Agency	西太平洋地球物理ネットワークに関する研究協力	BMKGとの間の地球物理観測に関する実施取り決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and Meteorological Climatological and Geophysical Agency, Republic of Indonesia on Joint Geophysical Observation in Indonesia	平成21年～平成26年
海洋研究開発機構	台湾中央気象局 (CWB/MACHO) CENTRAL WEATHER BUREAU, Taiwan	海洋及び海底観測の研究開発にかかる研究協力	CWB/MACHOとの研究協力に関する覚書 MEMORANDUM OF UNDERSTANDING (MOU) BETWEEN CENTRAL WEATHER BUREAU, Taiwan (CWB/MACHO) AND JAPAN AGENCY FOR MARINE-EARTH SCIENCE AND TECHNOLOGY (JAMSTEC/DONET), Japan	平成21年～平成26年
海洋研究開発機構	パラオ共和国 パラオ・コミュニティカレッジ (PCC) Palau Community College	西太平洋地球物理ネットワークに関する研究協力	PCCとの間の地球物理観測に関する実施取決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and Palau Community College (PCC), the Republic of Palau on Joint Geophysical Observation in Palau	平成22年～平成27年
海洋研究開発機構	インドネシア科学研究所ジオテクノロジー研究センター (RCG/LIPI) Research Center for Geotechnology of the Indonesian Institute of Sciences	サンギヘ弧における地殻進化に関する研究協力	RCG/LIPIとの間の研究協力に関する実施取り決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and Research Center for Geotechnology, Indonesian Institute of Sciences on research collaboration on the evolution of Sangihe arc	平成22年～平成26年
海洋研究開発機構	パリ地球物理研究所 (IPGP) Institut de Physique du Globe de Paris	地球内部の構造、ダイナミクス、岩石、地球化学などの分野についての研究協力	IPGPとの間の研究協力に関する実施取り決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, Independent Administrative Institution, JAMSTEC and Institut de Physique du Globe de Paris	平成23年～平成24年
海洋研究開発機構	韓国資源研究所 地震研究センター (KIGAM) Korea Earthquake Research Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources	西太平洋地球物理ネットワークに関する研究協力	KIGAMとの間の地球物理観測に関する実施取決め Implementing Agreement between Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and Korea Earthquake Research Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Republic of Korea on Joint Geophysical Observation in Korea	平成21年～平成22年



日本側機関	相手側機関（相手国）	研究課題	協定・覚書名	実施年度
海洋研究開発機構	カナダ地質調査所 太平洋地球科学センター (PGC/GSC) the Pacific Geoscience Center, the Geological Survey of Canada	日本とカナダ・カスカディアの地震発生帯比較研究にかかる共同研究	PGC/GSCとの間の研究協力に関する実施取り決め Collaborative Research Agreement between the Institute for Research on Earth Evolution, JAMSTEC and the Pacific Geoscience Center, the Geological Survey of Canada on Comparative Studies of the Japan and Cascadia Subduction Zones	平成22年～平成27年
産業技術総合研究所	米国地質調査所（米国） United States Geological Survey	地震に関する共同研究	米国地質調査所と産総研地質調査総合センターとの間の地球科学に関する研究協力協定	平成23年度～
産業技術総合研究所	ニュージーランド地質・核科学研究所 New Zealand Institute of Geological and Nuclear Sciences	沈み込み帯の地震および活断層に関する研究	ニュージーランド地質・核科学研究所と産総研地質調査総合センターとの間の地球科学に関する研究協力についての覚書	平成23年度～
産業技術総合研究所	トルコ鉱物資源調査総局 The General Directorate of Mineral Research and Exploration of the Republic of Turkey	北アナトリア断層系東部および東アナトリア断層系の古地震学的研究に関する研究	産総研地質調査総合センターとトルコ鉱物資源開発調査総局（MTA）との研究協力覚書	平成23年度～
産業技術総合研究所	国立成功大学防災研究センター（台湾） Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University	台湾において地下水・地球化学観測を行ない、そのデータと地震・地殻変動とを比較することで地震予知研究を行なう。	国立成功大学防災研究センター（台湾）と産総研活断層・地震研究センターとの間の台湾における水文科学的・地球化学的手法による地震予知研究についての協力協定	平成13年度～
産業技術総合研究所	オーストリア地質調査所（オーストリア） Geological Survey of Austria	イタリア火山で地球物理学的調査を行い、噴火活動域の地下構造を明らかにするとともに、繰り返し調査等から活動推移評価を行う。	オーストリア地質調査所と産総研地質情報研究部門との間の研究協力協定	平成13年度～
産業技術総合研究所	パレルモ大学（イタリア）・国立地球物理火山研究所（イタリア） Palermo University・INGV	イタリアおよび日本において火山噴煙の合同観測を行い、観測手法の高度化およびマグマ脱ガス過程に関する研究を行う。	火山噴煙観測に基づくマグマ脱ガスダイナミクスの研究	平成17年度～
国土地理院	IVS(International VLBI Service for Geodesy and Astrometry/国際VLBI事業)	地球回転監視、地球基準座標系(ITRF)、プレート運動決定等を目的として国際VLBI観測、相関処理、解析を実施。	国際VLBI事業設立規約 International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS) Terms of Reference	平成10年～
国土地理院	キリバス共和国、ニュージーランド領クック諸島	アジア太平洋地域の地殻変動の監視および測地基準座標系の構築を進めるため現地機関との協定に基づきGNSSの観測を実施。	アジア太平洋地域の地殻変動監視（国際共同観測事業）	平成18年～
国土地理院	IGS(International GNSS Service/国際GNSS事業)	衛星測位システムに関する観測情報の共有や精密な軌道情報の決定等のため、観測データの提供や地域データセンター・準解析センターとしての業務を実施。	国際GNSS事業設立規約 International GNSS Service (IGS) Terms of Reference	平成6年～
国土地理院	アジア太平洋地域56カ国	共同キャンペーン観測（GPS等）による測地網の結合やプレート運動等の監視のための基礎的情報を交換を実施。	PCGIAP (Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia and Pacific /アジア太平洋GIS基盤常置委員会)	平成7年～
国土地理院	パリ地球物理学研究所（フランス）Institut de Physique du Globe de Paris	覚書交換による包括的研究協力の中に火山分野における協力も含め実施。	包括的研究協力 The GSI-IPGP COOPERATION SCHEME	平成18年度～27年度
気象庁	国際地震センター ISC	気象庁データの提供 ISCカタログの受領 国外地震の解析、資料作成への活用	気象庁長官からISC評議会議長への参加表明	昭和47年度～
気象庁	（外務省を介して） 包括的核実験禁止条約機構 CTBTO	地震観測への協力 NDC-1の地震観測に関する指導 防災業務への地震観測データの活用	（外務書との文書） CTBT国内運用体制の立ち上げに際する協力依頼	平成14年度～

日本側機関	相手側機関（相手国）	研究課題	協定・覚書名	実施年度
気象庁	中国地震局 China Earthquake Administration of People's Republic of China 韓国気象庁 Korea Meteorological Administration	地震災害軽減に関する協力 地震波形データの交換（韓国）	地震災害軽減に関する中国地震局、気象 庁、韓国気象庁による第1回長官会合覚書 Minutes of the First Tripartite Meeting on Earthquake Disaster Mitigation among China Earthquake Administration of People's Republic of China, Japan Meteorological Agency of Japan and Korea Meteorological Administration of the Republic of Korea	平成16年度～
気象庁	米国地質調査所とIRIS連合 USGS、IRIS	地震観測データの交換 地震データの防災業務への活用	米国地質調査所とIRISとの権利証明 Department of the Interior, Geological Survey and The IRIS Consortium: Certificate of Title	平成2年度～
気象庁	ナポリ大学を始めとする全 23機関	早期警報と地震ダメージ・ポテンシャル の迅速評価に関する研究 意志決定のための戦略と手段に関する研究	欧州緊急地震速報プロジェクト（REAKT） Real Time Earthquake Risk Reduction	平成23年～25 年
海上保安庁海洋情報部	国際レーザー測距事業 International Laser Ranging Service	地球回転パラメータの決定、地球基準座 標系（ITRF）特に地球重心の決定、地球 観測衛星等種々の衛星の精密軌道決定、 重力場モデル構築に係るデータを得るた め、世界各国のレーザー局と共同で人工 衛星によるレーザー測距観測を行う。	国際レーザー測距事業設立規約 International Laser Ranging Service （ILRS） Terms of Reference	平成10年度～

20. 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画における予算及び機構定員整備状況（平成21～23年度）

〔単位：百万円〕

	文 部 科 学 省				経 済 産 業 省	国 土 交 通 省			総 務 省
	研究開発局	防災科学技術研究所 (注1)	海洋研究開発機構	国立大学法人等	産業技術総合研究所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	情報通信研究機構
予算	14,134	10,771	運営費交付金の内 数	1,190 (注2)	2,095	733	8,253	13,020	運営費交付金の内 数
機構定員		〔改組〕 観測・予測研究領域 地震・火山防災研究 ユニット  〔整備〕 基盤的な高精度地震 火山観測研究 地殻活動の観測予測 技術開発 火山活動の観測予測 技術開発 (平成23年度)			〔新設〕 活断層・地震研究セ ンター		〔新設〕 火山防災情報企画官 火山防災情報調整官 (札幌、仙台、福 岡)  〔整備〕 東南海・南海地震監 視・評価 GPS波浪計活用 歪観測施設強化 遠地津波と津波防災 対策支援 (本庁、札幌、仙 台、大阪、福岡、沖 縄) 長周期地震動 大深度地震計活用 火山活動監視(本 庁、札幌、仙台、福 岡) 陸域観測技術衛星監 視・解析 火山灰予測情報	〔新設〕 防災推進室 防災管理係 地殻情報調査係 機動観測係  〔廃止〕 地殻活動調査係 特定観測係	〔改組〕 電磁波計測研究所セ ンシングシステム研 究室

注1 防災科学技術研究所は本計画を推進するため以外の地震・火山研究を含む。

注2 国立大学法人等は、直接的に本計画を推進するために使われる特別経費（特別研究経費）のみを計上した。（従来は、施設整備費や装置維持費の間接的な経費も含まれていたが、法人化以降はこれらの経費は他の経費と一括して運営費交付金として配分されるようになり、その用途は大学独自の判断でできることとなったため、本計画に関連する経費のみを正確に算出することが不可能である。）

## 20-1. 予算及び機構定員整備状況の推移（地震）

〔単位：百万円〕

	科学技術庁		文部省		通商産業省		運輸省		建設省	郵政省	
	研究開発局	防災科学技術研究所 (注1)	国立大学等		工業技術院地質調査所	工業技術院計量研究所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所	
昭和40543年度	予算	-	-	444	4	-	49	344	307	-	
	機構定員	(整備) 第2研究部 (地震防災研究室)	(新設) 北海道 (浦河地震観測所) 東北 (秋田地震変動観測所、本荘地震観測所、 三陸地震変動観測所) 東京 (弥生地震変動観測所、地震活動研究部 門、地震予知観測センター、柏崎微小地震 観測所、白木微小地震観測所、強震計観測 センター、地盤動力学研究部門) 名古屋 (犬山微小地震観測所、犬山地震変動観測 所) 京都 (上宝地震変動観測所、地震予知計測研究 部門、逢坂山地震観測所、耐震基礎研究部 門、屯鶴峰地震変動観測所) 高知 (高知地震観測所)  〔整備〕 東北 (青葉山地震観測所) 東京 (筑波地震観測所、津波高潮研究部門、堂 平微小地震観測所、岩石学研究部門、地震 予知観測センター) 名古屋 (犬山地震観測所) 京都 (阿武山地震観測所)	(改組) 地質情報研究部門地 質調査情報センター	(整備) 地震観測 (大阪)	(新設) 水沢測地観測所					
昭和44548年度	予算	-	572	867	84	-	61	1,487	937	-	
	機構定員		(新設) 北海道 (襟裳岬地震変動観測所、札幌地震観測 所) 東北 (北上地震観測所) 東京 (富士川地震変動観測所、八ヶ岳地磁気観 測所) 名古屋 (高山地震観測所、三河地震変動観測所) 京都 (逢坂山地震変動観測所、北陸微小地震観 測所、徳島地震観測所、防災科学資料セン ター、地震予知観測地域センター、微小地 震研究部門)  〔整備〕 北海道 (浦河極微小地震移動観測班) 東北 (青葉山地震観測所) 東京 (地球物理研究施設極微小地震移動班) 名古屋 (犬山地震観測所) 京都 (鳥取微小地震観測所) 高知 (高知地震観測所)	(整備) 地震観測施設 (札幌、仙台、父 島、福岡、沖縄)	(新設) 地殻活動調査室  〔整備〕 計算係 解析係 計測係						
昭和49553年度	予算	9	1,882	-	3,023	288	46	55	4,255	3,274	-
	機構定員	(新設) 第2研究部 (首都圏地震予知研 究室、地震地下水研 究室、地震活動研究 室、地殻変動研究 室)  〔改組〕 第2研究部 (総合地震予知研究 室)	海洋技術センター	(新設) 北海道 (地震予知観測地域セ ンター) 東北 (地震予知観測セン ター) 東京 (地殻化学実験施設) 名古屋 (地震予知観測地域セ ンター) 京都 (宮崎地震変動観測 所)  〔整備〕 北海道 (札幌地震観測所) 東北 (地震予知観測セン ター) 名古屋 (地震予知観測地域セ ンター)	(新設) 地質地質課 地震物理課 地震化学課	(新設) 地震予知情報室  〔整備〕 地震活動検測セン ター 地殻岩石観測網 地震常時監視 地震防災業務	(新設) 地殻調査部 地殻変動解析室  〔整備〕 特定観測係 機器開発係				

	科学技術庁			文部省	通商産業省		運輸省		建設省	郵政省	
	研究開発局	防災科学技術研究所 (注1)	海洋技術センター	国立大学等	工業技術院地質調査所	工業技術院計量研究所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所	
昭和54年度 機構定員	予算	29	6,258	130	8,574	840	20	379	5,327	8,443	1,098
			〔新設〕 第2研究部 (地殻力学研究室)  〔整備〕 第2研究部 (地殻変動研究室、 地震活動研究室、地 表力学研究室)		〔新設〕 北海道 (海底地震観測施設 弘前 (地震火山観測所) 東京 (地震予知観測情報セ ンター、地球テクトニ クス研究部門)  〔整備〕 北海道 (地震予知観測地域セ ンター) 東北 (地震予知観測セン ター) 東京 (地殻化学実験施設、 地震予知観測情報セ ンター) 京都 (地震予知観測セン ター、上室地殻変動観 測所、鳥取微小地震観 測所) 高知 (高知地震観測所)				〔新設〕 地震予知情報課  〔整備〕 地殻岩石圏観測網 海底地震常時監視 (本庁、御前崎、気 象研) 地震予知研究 (気象研) 地震防災業務 (津、甲府、長野、 熊谷、水戸、岐阜) 東海地震予知のため の常時監視 群列地震観測 地震津波監視 (仙台、札幌、大 阪) 地震業務全国中核強 化 直下型地震予知研究 (気象研) 府県地震業務 (宮城、福島、長 野)		
昭和59年度 機構定員	予算	25	4,503	4,503	8,540	732	126	5,186	8,071	3,072	
			〔新設〕 第2研究部 (地震前兆解析研究室)  〔整備〕 第2研究部 (地震活動研究室)		〔新設〕 東京 (信越地震観測所)  〔改組〕 東北 (地震予知・噴火予知観測センター) 九州 (島原地震火山観測所)  〔整備〕 北海道 (海底地震観測施設) 東京 (地殻化学実験施設) 名古屋 (地震予知観測地域センター)			〔新設〕 地震火山部  〔整備〕 地震業務 直下型地震予知研究 (気象研) 地震津波監視 (札幌、仙台、大 阪、福岡、沖縄) 地震常時監視 海底地震観測 (勝浦) 全国地震津波業務 地震火山管理業務 国際地震津波業務 地震総合監視 地震測器機能標準化 地震活動観測 府県地震業務 (釧路、盛岡、秋 田、山形、新潟、彦 根、奈良、京都、神 戸、松江、下関、松 山、大分、宮崎)	〔整備〕 海岸昇降情報係		
平成元年度 機構定員	予算	25	9,177	9,177	9,502	620	129	6,947	8,115	2,063	
			〔新設〕 地震予知研究センター (直下型地震予知研究室、海溝型地震予知 研究室)  〔改組〕 地圏地球科学技術研究部 (地震・噴火予知研究調査官、地球化学研 究室)  〔整備〕 第2研究部 (地殻変動研究室)		〔新設〕 東京 (地球ダイナミクス研究部門)  〔改組〕 東北 (日本海地域地震火山観測所、三陸地域地震 火山観測所) 名古屋 (地震火山観測地域センター) 京都 (地震予知研究センター) 鹿児島 (南西島弧地震火山観測所)  〔整備〕 北海道 (地震予知観測地域センター) 東京 (地殻化学実験施設、地震予知観測情報セ ンター) 名古屋 (地震火山観測地域センター) 九州 (島原地震火山観測所)			〔新設〕 地震火山課(福岡)  〔整備〕 強震計データ解析 地震予知資料解析 震度計計測 地震予知技術 地震津波業務 発震機構解析 地殻活動調査 地震津波監視 (札幌、大阪、福 岡、沖縄) 府県地震業務 (旭川、函館、青 森、富山、金沢、福 井、鳥取、佐賀、長 崎、熊本、石垣島)	〔整備〕 連続監視係		

	科学技術庁			文部省	通商産業省	運輸省		建設省	郵政省
	研究開発局	防災科学技術研究所(注1)		国立大学等	工業技術院地質調査所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所
平成6510年度	予算	22,884	13,868	11,983	1,725	502	10,747	9,186	7,756
	機構定員	〔新設〕 地震調査研究課	〔新設〕 地震調査研究センター (第2地震前兆解析研究室)  〔改組〕 地震調査研究センター (直下型地震調査研究室、海溝型地震調査研究室、第1地震前兆解析研究室)	〔改組〕 東北 (地震・噴火予知研究観測センター) 東京 (地震研究所 共同利用研究所への改組) 京都 (防災研究所 共同利用研究所への改組) 北海道 (地震火山研究観測センター)  〔整備〕 弘前 (地震火山観測所) 東京 (地殻化学実験施設)	〔新設〕 活断層・地震予知特別研究室 地震地質部 (活断層研究室、地震物性研究室、変動解析研究室)	〔整備〕 海洋調査研究 地殻変動監視 精密海底反射強度観測・解析	〔新設〕 地震情報企画官 地震情報官 (札幌、仙台、大阪、福岡) 地震火山課 (札幌、仙台、大阪、沖縄)  〔整備〕 津波高予測 地震機動観測 全国地震活動情報関係機関データ集中・監視 (本庁、札幌、仙台、大阪、福岡) 府県地震業務(網走、稚内、徳島) 管区地震防災(札幌) 震度情報提供(本庁、札幌、仙台、大阪、福岡、沖縄) 量的津波予報提供(本庁、札幌、仙台、大阪、福岡、沖縄) 東海地震予知業務	〔新設〕 測地観測センター 地理地殻活動研究センター 地殻情報管理官 (東北、中部、近畿)  〔整備〕 地震調査官 情報管理係	〔新設〕 時空技術研究室 第六研究チーム  〔改組〕 時空計測研究室 時空技術研究室
平成1115年度	予算	6,921 (注2)	24,796	9,517	2,358	1,470	12,201	14,283	304 (注4)
	機構定員		〔新設〕 防災研究データセンター (基盤的地震観測データ室)	〔改組〕 名古屋 (地震火山観測研究センター) 九州 (地震火山観測研究センター)		〔整備〕 海洋調査研究 地殻変動監視 精密海底反射強度観測・解析	〔新設〕 評価解析官  〔整備〕 量的津波予報提供(札幌、仙台、大阪、福岡、沖縄) 関係機関データ集中・監視(札幌、仙台、大阪、福岡) 東海地震予知業務 府県地震業務(鹿児島)	〔新設〕 地殻情報管理官 (北海道)	
(注3)	文部科学省				経済産業省	国土交通省		総務省	
	研究開発局	防災科学技術研究所(注1)※		国立大学等	産業技術総合研究所※	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所※
	機構定員	〔改組〕 地震・防災研究課	〔新設〕 防災研究情報センター 固体地球研究部門 防災基礎科学技術研究部門 特定プロジェクトセンター 地震防災フロンティア研究センター	〔改組〕 名古屋 (地震火山・防災研究センター)	〔新設〕 活断層研究センター 地球科学情報研究部門 海洋資源環境研究部門 成果普及部門地質調査情報部	〔改組〕 海洋情報部  〔整備〕 海底地殻変動観測担当	〔整備〕 関係機関データ集中・監視(本庁) 府県地震業務(高知) 長期評価情報の管理 面的震度分布情報提供体制の強化 東南海・南海地震観測体制の整備	〔新設〕 地殻情報管理官 (九州、四国) 防災調整係	〔新設〕 精密測位技術グループ 宇宙電波応用グループ  〔改組〕 第六研究チーム 宇宙電波応用研究室
	研究開発局	防災科学技術研究所	海洋研究開発機構(注5)	国立大学法人等(注6)	産業技術総合研究所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	情報通信研究機構(注6)
平成16120年度	予算	21,250	20,824	1,829 (注7)	7,098	360	17,294	13,270	運営費交付金の内数
	機構定員	〔改組〕 地震研究部 地震観測データセンター			〔改組〕 地質情報研究部門地質調査情報センター	〔整備〕 第二、三、四管区海洋調査官	〔新設〕 即時地震情報調整官 国際地震津波情報調整官 海岸昇降監視係 火山活動監視係 地球変動監視係 地殻情報管理官(中国、九州)  〔整備〕 危機管理に即応した地震情報提供 北西太平洋津波情報センター 東南海・南海地震津波予報 東海地震危機管理(名古屋・静岡) 緊急地震速報提供管区地震津波防災業務(仙台、大阪、福岡、沖縄) 日本海溝・千島海溝地震観測 国際地震津波情報震源域過程解析 東海地震予知強化首都圏大規模地震防災震度情報提供(本庁、札幌、福岡)	〔新設〕 地殻活動調査係 地殻活動監視係 海岸昇降監視係 火山活動監視係 地球変動監視係 地殻情報管理官(中国、九州) 防災情報管理官(北海道、東北、北陸、中部、近畿、中国、四国、九州) 防災課(関東) 防災企画係(関東) 防災情報係(関東) 活断層情報係  〔廃止〕 地殻情報管理官(北海道、東北、中部、近畿、中国、四国、九州)	〔新設〕 電磁波計測研究センター 電波計測グループ

注1 防災科学技術研究所は本計画を推進するため以外の地震研究予算額を含む。  
注2 研究開発局は、平成10年以前は本計画に關係する事業の経費も計上していたのだが、平成11年度以降から集計方法を変更し、本計画に關係する事業のみを計上した。  
注3 平成13年1月6日に省庁再編が行われ、また、同年4月1日には一部機関(※)が独立行政法人化した。  
注4 情報通信研究機構は、独立行政法人化により予算額が「運営交付金の一部」として支給されたため、平成12年度までの額。  
注5 海洋研究開発機構については、平成16年度から参加。  
注6 平成16年度から、国立大学については法人化し、通信総合研究所については情報通信研究機構へ組織変更。  
注7 国立大学法人では、平成16年の法人化以降は、直接的に本計画を推進するために使われる特別経費(特別研究経費)のみを計上した。(従来は、施設整備費や装置維持費の間接的な経費も含まれていたが、法人化以降はこれらの経費は他の経費と一緒に運営費交付金として配分されるようになり、その使途は大学独自の判断でできることとなったため、本計画に關する経費のみを正確に算出することが不可能である。)

## 20-2. 予算及び機構定員整備状況の推移（火山）

〔単位：百万円〕

		科学技術庁	文 部 省	通 商 産 業 省	運 輸 省		建 設 省	郵 政 省
		防災科学技術研究所（注1）	国立大学等	工業技術院地質調査所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所
昭和49～53年度	予算	-	890	22	63	647	-	-
	機構定員		〔新設〕 北海道 （地震予知観測地域センター、有珠火山観測所） 東京 （地殻化学実験施設） 〔整備〕 北海道 （札幌地震観測所） 東北 （地震予知観測センター） 京都 （桜島火山観測所） 九州 （島原火山観測所）			〔新設〕 火山室 〔整備〕 火山活動解析 火山研究 （気象研） 常時火山観測		
昭和54～58年度	予算	98	1,716	147	5	883	121	-
	機構定員	〔整備〕 地震防災研究室	〔新設〕 弘前 （地震火山観測所） 〔整備〕 北海道 （有珠火山観測所） 東北 （地震予知観測センター） 東京 （浅間山火山観測所、地殻化学実験施設） 京都 （火山活動研究センター、桜島火山観測所）	〔新設〕 火山地質課		〔整備〕 地域火山機動観測 （札幌、福岡） 地域火山機動観測 （仙台） 精密火山観測 （鹿児島、阿蘇山、 軽井沢） 火山研究 （気象庁）		
昭和59～63年度	予算	166	1,754	86	5	725	101	152
	機構定員	〔整備〕 地震防災研究室	〔新設〕 東京工業大学 （草津白根地震火山観測所） 〔改組〕 東北 （地震予知・噴火予知観測センター） 東京 （伊豆大島火山観測所） 九州 （島原火山観測所） 〔整備〕 北海道 （有珠火山観測所） 東京 （地殻化学実験施設）			〔新設〕 地震火山部 〔整備〕 火山防災業務 火山観測施設保守 精密火山観測 （伊豆大島） 地域火山機動観測 （仙台、福岡） 常時火山観測 （松本）		
平成元～5年度	予算	349	1,993	96	7	1,049	157	176
	機構定員	〔新設〕 火山噴火予知研究室	〔新設〕 鹿児島 （南西島弧地震火山観測所） 〔改組〕 東北 （日本海地域地震火山観測所、三陸地域地震 火山観測所） 名古屋 （地震火山観測地域センター） 〔整備〕 東京 （地殻化学実験施設） 東京工業 （草津白根地震火山観測所） 名古屋 （地震火山観測地域センター） 九州 （島原地震火山観測所）		〔整備〕 火山噴火予知解析	〔新設〕 火山対策官 火山対策室 地震火山課 （福岡） 〔整備〕 地域火山機動観測 （札幌） 火山解析 火山遠隔観測 火山業務 雲仙岳火山業務 （雲仙岳、福岡） 火山機動観測 震動データ管区テレ メータ （札幌、仙台）	〔新設〕 火山基本図係 火山解析係	

		科学技術庁	文部省	通商産業省	運輸省	建設省	郵政省	
		防災科学技術研究所(注1)	国立大学等	工業技術院地質調査所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所
平成6510年度	予算	1,005	2,710	110	11	1,967	116	357
	機 構 定 員	〔整備〕 火山噴火調査研究室	〔改組〕 北海道 (地震火山研究観測センター) 東北 (地震・噴火予知研究観測センター) 東京 (地震研究所 共同利用研究所への改組) 京都 (防災研究所 共同利用研究所への改組)  〔整備〕 弘前 (地震火山観測所) 東京 (地殻化学実験施設) 東京工業 (草津白根地震火山観測所) 鹿児島 (南西島弧地震火山観測所)	〔整備〕 火山地質課		〔新設〕 火山課 地震火山課 (札幌、仙台、大阪、沖縄)  〔整備〕 雲仙岳火山業務 (雲仙岳) 九重山火山業務 (大分) 航空路火山灰情報センター (東京航空地方気象台)	〔新設〕 火山調査係 測地観測センター 地理地殻活動研究センター  〔廃止〕 火山基本図係	
平成11515年度	予算	1,063	1,365	596	517	4,134	228	276 (注3)
	機 構 定 員		〔改組〕 東京工業 (火山流体研究センター) 名古屋 (地震火山観測研究センター) 九州 (地震火山観測研究センター)					
	(注2)	文 部 科 学 省		経 済 産 業 省	国 土 交 通 省		総 務 省	
	防災科学技術研究所(注1)※	国立大学等	産業技術総合研究所※	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所※	
	機 構 定 員	〔整備〕 プロジェクト研究 (「火山噴火予知に関する研究」グループ)  〔改組〕 北海道 (地震火山研究観測センター) 名古屋 (地震火山・防災研究センター)	〔整備〕 地質調査総合センター (火山関連2研究グループを整備拡充)	〔新設〕 火山調査官	〔新設〕 火山対策官  〔整備〕 火山監視・情報センター (本庁、札幌、仙台、福岡)	〔新設〕 防災企画官 地殻情報管理官 (九州、四国) 火山観測係		
	防災科学技術研究所(注1)	海洋研究開発機構(注4)	国立大学法人等(注5)	産業技術総合研究所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	情報通信研究機構(注5)
平成16520年度	予算	1,195	308(注6)	205	9	2,962	261	運営費交付金の内数
	機 構 定 員	〔整備〕 プロジェクト研究 (「火山噴火予知と火山防災に関する研究」グループ(平成18年度)) 火山防災研究部(平成18年度)				〔新設〕 火山活動評価解析官  〔整備〕 即時的被害予測 三宅島火山防災 管区火山防災(本庁、札幌、仙台、福岡) 火山噴火予知強化 (本庁、札幌)	〔新設〕 地殻活動調査係 地殻活動監視係 海岸昇降監視係 火山活動監視係 地球変動観測係 地殻情報管理官(中国、九州) 防災情報管理官(北海道、東北、北陸、中部、近畿、中国、四国) 防災課(関東) 防災企画係(関東) 防災情報係(関東) 活断層情報係  〔廃止〕 地殻情報管理官(北海道、東北、中部、近畿、中国、四国、九州)	

注1 防災科学技術研究所は本計画を推進するため以外の火山研究予算額を含む。  
注2 平成13年1月6日に省庁再編が行われ、また、同年4月1日には一部機関(※)が独立行政法人化した。  
注3 情報通信研究機構は、独立行政法人化により予算額が「運営交付金の一部」として支給されたため、平成12年度までの額。  
注4 海洋研究開発機構については、平成16年度から参加。  
注5 平成16年度から、国立大学については法人化し、通信総合研究所については情報通信研究機構へ組織変更。  
注6 国立大学法人では、平成16年の法人化以降は、直接的に本計画を推進するために使われる特別経費(特別研究経費)のみを計上した。(従来は、施設整備費や装置維持費の間接的な経費も含まれていたが、法人化以降はこれらの経費は他の経費と一括して運営費交付金として配分されるようになり、その用途は大学独自の判断でできることとなったため、本計画に関連する経費のみを正確に算出することが不可能である。)



## 21. 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」に関する主要論文リスト

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進									
(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化									
ア. 日本列島域									
Hori, M., T. Iinuma, and T. Kato	2008	Stress inversion method and analysis of GPS array data	C. R. Mecanique	336	132-148	○	1(1)ア	2(1)ア	GPS観測から得られた変位速度場に基づき、地殻内の応力並びに弾性定数を求める逆解析手法を開発した。二次元平面応力状態という仮定の下ではあるが、ひずみ-応力の構成則が完全に分かっていなくても、変位速度場から応力増分を推定することができる。また、期間を変えて求めた幾つかの変位速度場データに基づいて、弾性定数(ポアソン比)の分布を推定する手法を構築することにも成功し、両手法を日本列島で得られた実際のGPSデータに適用した。
Margerin, L. and Sato, H.	2011	Reconstruction of multiply-scattered arrivals from the cross-correlation of waves excited by random noise sources in a heterogeneous dissipative medium	Wave Motion	58	146-160	○	1(1)ア	2(1)ウ	不均質構造における多重散乱まで含めた波動を考察し、ノイズ相互相関からグリーン関数を抽出することは光学定理の成立と等価であることを証明した。これは、ノイズ相互相関法の理論的裏付けとなる。
Tsuruoka, H., H. Kawakatsu and T. Urabe	2009	GRiD MT (Grid-based Realtime Determination of Moment Tensors) monitoring the long-period seismic wavefield	Phys. Earth Planet. Inter.	175	8-16	○	1(1)ア	1(1)イ	GRiD MTは、モニタリング対象領域を10 km間隔のメッシュに分割し、分割されたメッシュを仮想震源としてその点でのMT解を常時(1秒ごとに)決定し、得られたMT解から理論波形と観測波形のVariance Reduction (VR)をモニタリングすることによって、地震の発生・位置・メカニズム(モーメントテンソル)解を完全自動で決定するシステムである。
Nakamura, M., Y. Yoshida, D. Zhao, H. Takayama, K. Obana, H. Katao, J. Kasahara, T. Kanazawa, S. Kodaira, T. Sato, H. Shiobara, M. Shinohara, H. Shimamura, N. Takahashi, A. Nakanishi, R. Hino, Y. Murai, and K. Mochizuki	2008	Three - dimensional P - and S - wave velocity structures beneath Japan	Phys. Earth Planet. Inter.	168	49-70	○	1(1)ア		日本列島の詳細な三次元速度構造を求め、その特徴について議論した。
地震調査研究推進本部	2010	伊豆東部の地震活動の予測手法について	伊豆東部の地震活動の予測手法報告書		30pp		1(1)ア	1(2)(2-1)ウ	伊豆東部で発生する地震活動について、過去の地震活動の特徴を抽出し整理し、群発地震活動と地下深部のマグマの貫入の関係を求め、地震活動の推移を予測する手法を取りまとめた。
小山薫, 笹原昇, 熊川浩一, 小野寺健英, 久保田隆二	2008	硫黄島の3次元磁気構造モデル	海洋情報部研究報告	44	9-16		1(1)ア	1(3)ア	2007年と1998年に実施した硫黄島の航空磁気測量のデータを用いて、鉛直方向を含む角柱構造モデルの磁化強度分布の推定が可能である三次元地磁気トモグラフィ法(植田, 2006)によって硫黄島の磁気構造モデルの解析を行った。
植田義夫, 小野寺健英, 熊川浩一, 小山薫	2007	諏訪之瀬島の地磁気異常と3次元磁気構造	火山	52	211-220	○	1(1)ア	1(3)ア	1999年に実施された諏訪之瀬島の航空磁気測量の解析結果は、以下のとおり。①諏訪之瀬島の平均磁化強度は3.14 A/m。海域部を含めると3.00 A/m。②海底部の平均磁化強度は陸域部に比して低く、同島を形成した初期火山活動は珪長質(けいちょうしつ)に富む火山岩を主体とした火山活動であったことが示唆される。③御岳を中心とした火山活動に伴う熱消磁域は御岳から根上岳に分布し、この部分がマグマの火道に連なる。
イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域									

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Uchida, N., T. Matsuzawa, S. Hirahara, and A. Hasegawa	2006	Small repeating earthquakes and interplate creep around the 2005 Miyagi-oki earthquake (M7.2)	Earth Planets Space	58	1577-1580	○	1(1)イ	2(2)(2-1)イ	宮城県沖の過去21年のプレート間準静的滑りの時空間分布を、小繰り返し地震を用いて推定した。2005年宮城県沖(M7.2)、1997年宮城県沖(M7.6)、2003年福島県沖(M6.3)の地震の準静的滑りは、主に地震時滑り域の外側で起きている。また、時間変化は、深部では小さく浅部で大きい。2005年宮城県沖地震後の余効(よこう)滑りは小さく、この地震の震源域周辺は引き続き固着が強い状態にあると推定された。
Hino, R., S. Ii, T. Iinuma, and H. Fujimoto	2009	Continuous Long-Term Seafloor Pressure Observation for Detecting Slow-Slip Interplate Events in Miyagi-Oki on the Landward Japan Trench Slope	Journal of Disaster Research	4	72-82	○	1(1)イ	3(1)ア	宮城県沖海底下のプレート境界における非地震性滑りの検知能力向上のため、自己浮上式海底圧力計の観測アレイを構築した。陸上GPS観測点の変位時系列データのみを用いた場合には沿岸から100 km以上離れた領域での滑りを検知するのが困難だが、海底圧力計のデータを用いることで海溝近くまで検知可能な領域が広がること、また、海溝軸に直交する方向にアレイを延伸した場合が最も効率的に非地震性滑りの検知能力を向上させられることを示した。
Uchida, N., S. Yui, S. Miura, T. Matsuzawa, A. Hasegawa, Y. Motoya, and M. Kasahara	2009	Quasi-static slip on the plate boundary associated with the 2003 M8.0 Tokachi-oki and 2004 M7.1 off-Kushiro earthquakes, Japan	Gondwana Research	16	527-533	○	1(1)イ	2(2)(2-1)イ	2003年M8.0十勝沖地震前後の準静的滑りの時空間分布を、13年間の小繰り返し地震及び8か月間のGPSデータから推定した。十勝沖地震前のアスペリティ周囲の滑りレートは、長い間小さかったが、3年前から小さな加速が地震時滑り域の深部延長で見られた。また、本震後、その東方で大規模な余効滑りが生じたことが明らかになった。2004年釧路沖地震(M7.1)はこの余効滑りにより早められた可能性がある。
Kanda, W., Tanaka, Y., Utsugi, M., Takakura, S., Hashimoto, T., Inoue, H.	2008	A preparation zone for volcanic explosions beneath Naka-dake crater, Aso volcano, as inferred from magnetotelluric surveys	J. Volcanol. Geotherm. Res.	178	32-45	○	1(1)イ	2(2)(2-2)ア	高度なモニタリングシステムを構築するに当たり、阿蘇火山中岳火口下部の熱エネルギー供給システムを明らかにするため、電気伝導度構造調査を行い、構造と熱水・火山ガスの経路及び超低周波微動の発生域との関係を明らかにした。
Ohsawa, S., Saito, T., Yoshikawa, S., Mawatari, H., Yamada, M., Amita, K., Takamatsu, N., Sudo, Y., Kagiya, T.,	2010	Color change of lake water at the active crater lake of Aso volcano, Yudamari, Japan: is it in response to change in water quality induced by volcanic activity?	Limnology	11	207-215	○	1(1)イ		高度なモニタリングを行う上で、これまでに指摘されていた火口湖の色の変化がどのような機構で規定されているかを明らかにした。
Itaba, S., N. Koizumi, M. Matsumoto, M. Takahashi, T. Sato, R. Ohtani, Y. Kitagawa, Y. Kuwahara, T. Satoh and K. Ozawa	2008	Groundwater level changes related to the ground shaking of the Noto Hanto Earthquake in 2007	Earth Planets Space	60	1153-1159	○	1(1)イ	3(3)ア	2007年能登半島地震(M6.9)による近畿・東海周辺における地震後の地下水位変化について解析した。観測された地下水位変化は主に地震動によると思われる。2000年以降に発生した主な地震による地震後の地下水位変化と比較することで、観測点ごとの大まかな特徴を把握できた。
Itaba, S., N. Koizumi, T. Toyoshima, M. Kaneko, K. Sekiya and K. Ozawa	2008	Groundwater changes associated with the 2004 Mid-Niigata Prefecture Earthquake and Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007	Earth Planets Space	60	1161-1168	○	1(1)イ	3(3)ア	2004年新潟県中越地震(M6.8)と2007年新潟県中越沖地震(M6.8)は、規模・場所・メカニズムが似ている上に短い期間に続けて発生した。地震に伴う地下水位変化の再現性を調べるために二つの地震に伴う地下水位変化の解析を、震源域近傍と遠方とで分けて行なった。結果として、震源域近傍でも遠地でもほぼ同様な地下水位変化が観測された。これらの変化は主に地震動によって生じたと考えられる。
Wen-Chi Lai, Kuo-Chin Hsu, Chjeng-Lun Shieh, Youe-Ping Lee, Kuo-Chyng Chang, N. Koizumi and M. Matsumoto	2010	Evaluation of the effects of ground shaking and static volumetric strain changes on earthquake-related groundwater level changes in Taiwan	Earth Planets Space	62	391-400	○	1(1)イ	3(3)ア	台湾における2003-2006年の観測結果から、地震後の地下水位変化について地震動加速度と静的体積ひずみ変化の寄与を考察した。対象とした地震は同期間中に台湾周辺で発生したM6以上の地震17個である。得られた地震後の地下水位変化の主な要因は地震動によるものと考えられたが、その加速度だけでは説明できない場合もあり、地盤の不均質さに基づく局所的な地震時体積ひずみ変化の増幅や動的な体積ひずみ変化の寄与が示唆される。
山本剛靖・小林昭夫	2009	近畿地方北部で観測された地殻ひずみの長期的変化	気象研究所研究報告	60	17-24	○	1(1)イ		敦賀・今津ボアホール3成分ひずみ計の12.5年間のデータについて季節変化や降水影響を補正し、東海スロースリップのひずみ変化と方位が整合的な変化を見いだした。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
<b>ウ. 東海・東南海・南海地域</b>									
Miyazaki, S., P. Segall, J. J. McGuire, T. Kato, and Y. Hatanaka	2006	Spatial and temporal evolution of stress and slip rate during the 2000 Tokai slow earthquake	J. Geophys. Res.	111	B03409	有	1. (1)ウ		東海直下で発生しているスロースリップ(SSE)をGPSデータを用いて調べた。SSEは二つのサブイベントがあり、最初のイベントは2000年6月終わり頃に開始し、滑り速度は最大15cm/yrに達した。2番目のSSEは2001年初め頃に北東側で開始し、滑り領域の深さはほぼ25 kmであった。2002年11月までに蓄積した等価Mwは6.8に相当した。
Shibutani, T., T. Ueno and K. Hirahara	2008	Improvement in the extended-time multitaper receiver function estimation technique	Bull. Seism. Soc. Am.	98	812-816	○	1(1)ウ	2(1)ウ	レシーバ関数を計算する際のデコンボリューションを安定して行うために、時間拡張マルチテーパ法の改良を行った。
Ueno T., T. Shibutani and K. Ito	2008	Subsurface structures derived from receiver function analysis and relation to hypocenter distributions in the region from the eastern Shikoku to the northern Chugoku districts, Southwest Japan	Earth Planets Space	60	537-579	○	1(1)ウ	2(1)ウ	西南日本合同観測のデータを用いて、室戸岬から鳥取県西部に至る測線においてレシーバ関数イメージを求め、この地域に沈み込むフィリピン海プレート周辺の構造について議論した。
Ueno T., T. Shibutani and K. Ito	2008	Configuration of the continental Moho and Philippine Sea Slab in Southwest Japan derived from receiver function analysis: Relation to subcrustal earthquakes	Bull. Seism. Soc. Am.	98	2416-2427	○	1(1)ウ	2(1)ウ	近畿・中国・四国地方の定常観測点のデータを用いて、この地域の多数の測線におけるレシーバ関数イメージを求め、この地域に沈み込むフィリピン海プレートの形状を推定した。
Itaba, S. and N. Koizumi	2007	Earthquake-related changes in groundwater levels at the Dogo hot spring, Japan	Pure Appl. Geophys.	164	2397-2410	○	1(1)ウ		過去の南海地震に対して、繰り返し湧水量や水位を低下させている道後温泉の水位変化を評価した。同温泉は、地震動や地殻の体積ひずみ変化に対して敏感に水位を変化させることが判明した。通常は地震動の寄与の方が大きくて地震後水位が増加するが、近傍で巨大地震が生じた時は体積ひずみ変化の寄与が地震動の寄与を上回る。1946年南海地震に伴う10 m以上の水位低下も地震時体積ひずみ変化で定量的に説明できることが分かった。
Itaba, S., N. Koizumi, M. Matsumoto and R. Ohtani	2010	Continuous Observation of Groundwater and Crustal Deformation for Forecasting Tonankai and Nankai Earthquakes in Japan	Pure Appl. Geophys.	167	1105-1114	○	1(1)ウ	3(3)ア	東南海・南海地震予測のために紀伊半島～四国周辺に展開した、産総研の地下水等総合観測施設による紀伊半島のゆっくり滑り検出結果について報告した。また、同観測網によるゆっくり滑り検出能力について評価した。
Kobayashi, A. and T. Yamamoto	2011	Repetitive long-term slow slip events beneath the Bungo Channel, southwestern Japan, identified from leveling and sea level data from 1979 to 2008	J. Geophys. Res.	116	doi:10.1029/2010JB007822	○	1(1)ウ	1(2) (2-1)ア	GPSIによって確認されていた豊後水道におけるスロースリップについて、水準測量及び潮位記録から、GPS観測以前についても繰り返し発生していたことを見いだした。
<b>(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築</b>									
<b>(2-1) 地震発生予測システム</b>									
<b>ア. 地殻活動予測シミュレーションとデータ同化</b>									
<b>(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築</b>									
<b>(2-1) 地震発生予測システム</b>									
<b>ア. 地殻活動予測シミュレーションとデータ同化</b>									

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Hori, T., S. Miyazaki and N. Mitsui	2009	An earthquake generation cycle model with scale dependent frictional property - Preliminary results and research plan for the project of evaluation for the coming Tokai, Tonankai and Nankai earthquakes	Journal of Disaster Research	4	111-117	○	1(2) (2-1)ア		
T. Matsuzawa, H. Hirose, B. Shibazaki, K. Obara	2010	Modeling short- and long-term slow slip events in the seismic cycles of large subduction earthquakes	J. Geophys. Res.	115	B12301, doi:10.1029/2010JB007566	○	1(2) (2-1)ア	1(1)ウ	
B. Shibazaki, S. Bu, T. Matsuzawa, H. Hirose	2010	Modeling the activity of short-term slow slip events along deep subduction interfaces beneath Shikoku, southwest Japan	J. Geophys. Res.	115	B00A19, doi:10.1029/2008JB006057	○	1(2) (2-1)ア	1(1)ウ	
<b>イ. 地殻活動予測シミュレーションの高度化</b>									
Hashimoto, C., A. Noda, T. Sagiya, and M. Matsu'ura	2008	Interplate seismogenic zones along the Kuril-Japan trench inferred from GPS data inversion	Nature Geoscience	2	141-144	○	1(2) (2-1)イ		
Hashimoto, C., T. Sato, and M. Matsu'ura	2008	3-D simulation of steady plate subduction with tectonic erosion: Current crustal uplift and free-air gravity anomaly in northeast Japan	Pure Appl. Geophys.	165	567-583	○	1(2) (2-1)イ		
<b>ウ. 地震活動評価に基づく地震発生予測</b>									
Nanjo, K. Z., T. Ishibe, H. Tsuruoka, D. Schorlemmer, Y. Ishigaki, and N. Hirata	2010	Analysis of completeness magnitude and seismic network coverage for Japan	Bull. Seism. Soc. Am.	100	3261-3268	○	1(2) (2-1)ウ	1(3)ア	本研究では、気象庁によって作成・管理されている、一元化震源カタログの性能評価を行った。下限マグニチュードという指標に従い、1965年以降に日本で起きた地震の震源データを評価したことで、建議の項目1(2) (2-1)ウに必要な基礎データを構築することができた。この情報を利用した統計モデルや物理モデルに基づく地震活動評価により、時間空間的に高分解能な地震活動評価を行う手法を確立することが可能となる。
Nanjo, K. Z., H. Tsuruoka, N. Hirata, and T. H. Jordan	2011	Overview of the first earthquake forecast testing experiment in Japan	Earth Planets Space	63	159-169	○	1(2) (2-1)ウ	4(5)	地震活動のデータに基づく確率論的な予測を行うことを目的とした1(2) (2-1)ウに沿って、本研究では、地震発生の準備過程や素過程を考慮した新しい地震活動予測手法を開発し、これを用いて地震活動の予測実験を行うために必要な評価基盤を構築した。この際に、同種の研究を行っているアメリカ、ヨーロッパ等の研究グループとの国際連携を図られた。
Smyth, C. and J. Mori	2011	Statistical models for temporal variations of seismicity parameters to forecast seismicity rates in Japan	Earth Planets Space	63	doi:10.5047/eps.2010.10.001	○	1(2) (2-1)ウ	1(3)ア	この論文は、ある期間と地域を区切って、地震の発生頻度を予測するモデルを提出した。このモデルは地震の発生数とそのグーテンベルグ・リヒター則のb値を自己回帰過程として予測するものである。密度の推定と時間変化に関する仮定がほかのモデルと異なっていることが特徴である。このモデルは日本の「第1回地震発生予測検証実験」で最も予測に成功したモデルとなった。
<b>(2-2) 火山噴火予測システム</b>									
<b>ア. 噴火シナリオの作成</b>									

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
津久井雅志・段木一行・佐藤正三郎・林幸一郎	2009	伊豆大島火山：史料に基づく最近3回の大規模噴火の推移と防災対応	火山	54	93-112	○	1(2) (2-2)ア	1(2) (2-2)イ	
<b>(3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築</b>									
<b>ア. 地震・火山現象の基礎データベース</b>									
山口照寛・笠原稔・高橋浩晃・岡山宗夫・高田真秀・一柳昌義	2010	地殻変動データベースシステムの開発	測地学会誌	56	47-58	○	1(3)ア	1(1)ア	全国の大学等のひずみ傾斜等の長周期データを流通網を用いて一元化し収集するソフトウェアを開発した。データ受信機能のほか、潮汐(ちょうせき)解析やひずみ解析などの時系列データの基本的解析ツールを搭載するとともに、断層モデルによる理論ひずみ場計算、ストリーミングひずみ解析機能なども実装された。これにより、全国どこのデータでもほぼリアルタイムにデータ閲覧することが可能となっている。
産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター	2011	地震に関連する地下水観測データベース	<a href="http://riodb02.ibase.aist.go.jp/gxwell/GSJ/index.shtml">http://riodb02.ibase.aist.go.jp/gxwell/GSJ/index.shtml</a>				1(3)ア		産業技術総合研究所が地震予知研究を目的に観測・解析を行っている50か所余りの観測点(主に東海～四国)の地下水位・ひずみ・水温・地震波形などの最新データ及び関連情報を見ることができる。また、手持ちのデータを産総研のプログラムを使って解析することもできる。
<b>イ. 地震・火山現象に関する情報の統合化</b>									
下司信夫・中野 俊	2007	鹿児島県トカラ列島口之島火山の形成史と噴火活動履歴	地質調査研究報告	58	105-116	○	1(3)イ		鹿児島県トカラ列島口之島火山の野外地質調査に基づき、その地質構造及び活動史を明らかにした。口之島では約4万年前以降少なくとも六つの溶岩ドームが成長したこと、複数回の崩壊があったこと、最新の噴火は数百年前に発生した可能性があることなどを明らかにした。
西来邦章・松本哲一・宇都浩三・高橋 康・三宅康幸	2007	中部日本、八ヶ岳地域の火山活動期の再検討	地質学雑誌	113	193-211	○	1(3)イ		八ヶ岳地域に分布する第四紀火山岩類について地質調査及び系統的なK-Ar年代測定と古地磁気方位測定を実施した。これらの結果に基づいて、八ヶ岳火山群の従来考えられていた形成史の矛盾点を指摘し、噴火形成期の新たな区分方法について提唱した。
津久井雅志・中野 俊・齋藤公一滝	2008	9世紀にアムールプレート東縁に沿って起きた噴火・地震活動について	火山	53	79-91	○	1(3)イ		地質調査のほかに遺跡の発掘の調査記録や文字史料を加えて噴火・地震履歴の再検討を行なった。9世紀に東日本と西日本の境界800 km以上に沿って連動した噴火と地震活動が見られ、アムールプレート東縁沿い及び富士山・伊豆弧諸火山における東西圧縮の表現だと解釈できる。
<b>2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進</b>									
<b>(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象</b>									
<b>ア. 列島及び周辺域のプレート運動、広域応力場</b>									
Shestakov, N. V., M. D. Gerasimenko, H. Takahashi, M. Kasahara, V. A. Bormotov, V. G. Bykov, A. G. Kolomiets, G. N. Gerasimov, N. F. Vasilenko, A. S. Prytkov, V. Yu. Timofeev, D. G. Ardyukov and T. Kato	2010	Present tectonics of the southeast of Russia as seen from GPS Observations	Geophys. J. Int.	184	doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04871.x	○	2(1)ア	2(1)オ	ロシア極東のGPSデータから日本列島北方域のプレート運動モデルを構築した。アムールプレートのユーラシアプレートに対する速度は年間数mm程度と当初予想よりも小さいことが明らかになった。アムールプレートの収束速度のみから日本海東縁部での数百年周期の地震サイクルを説明するのは困難である。サハリンでも明らかに東西圧縮のひずみ場であり、日本海東縁部に年間数cmの収束をもたらす新しいメカニズムを検討する必要がある。
Oishi, M. and T. Sato	2007	Moment release budget at oblique convergence margin as revealed by the 2004 Sumatra-Andaman earthquake	Earth Planets Space	59	913-921	○	2(1)ア		2004年スマトラ・アンダマン地震の本震時の滑り分布が、この地域におけるインド・オーストラリアプレートの斜め沈み込みモデルと調和的であることを明らかにした。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Takeuchi, M., T. Sato, and T. Sinbo	2008	Stress due to the inter-seismic backslip and its relation with the focal mechanisms of earthquakes occurring in the Kuril and northeastern Japan arcs	Earth Planets Space	60	549-557	○	2(1)ア		太平洋プレートの沈み込みに伴う応力蓄積を、独自に震源分布から求めた精密なプレート境界を用いて評価した。
Shibazaki, B., Garatani, K., Iwasaki, T., Tanaka, A. and Iio, Y.	2008	Faulting processes controlled by the nonuniform thermal structure of the crust and uppermost mantle beneath the northeastern Japanese island arc	J. Geophys. Res.	113	doi:10.1029/2007JB005361	○	2(1)ア		レオロジー構造を考慮した地震発生サイクルモデル構築のために、非線形有限要素法を用いて、東北日本脊梁（せきりょう）山脈周辺を対象に、三次元的な熱構造の不均質を考慮した断層形成と応力集中過程のモデル化を行った。シミュレーション結果、脊梁山脈を挟んで二つの塑性ひずみ集中域（断層帯）の形成が確認できる。断層は、火山地帯では火山の近傍に形成されているが、非火山地帯では、奥羽脊梁山脈の中心からやや離れたところに形成される。
Yagi, Y. and Fukahata, Y.	2011	Introduction of uncertainty of Green's function into waveform inversion for seismic source processes	Geophys. J. Int.	186	doi:10.1111/j.1365-246X.2011.05043.x.	○	2(1)ア		地震波形から震源過程を推定するインバージョン解析では、グリーン関数の不確実性が最大の誤差源と考えられるが、その効果は無視されてきた。我々はグリーン関数に誤差があることを前提として新たに定式化を行い、その結果誤差行列が大きな共分散成分を持つことを見いだした。新たな定式化により、これまでは解析が難しかった震源時間関数の長い2006年Java津波地震でも安定的に解が得られることを示した。
Fukahata, Y. & Matsu'ura, M.	2006	Quasi-static internal deformation due to a dislocation source in a multilayered elastic/viscoelastic half-space and an equivalence theorem	Geophys. J. Int.	166	418-434	○	2(1)ア		
Otsubo, M., Yamaji, A., and Kubo, A.	2008	Determination of stresses from heterogeneous focal mechanism data: an adaptation of the multiple inverse method	Tectonophys.	457	150-160	○	2(1)ア		地震のメカニズム解を用いた不均質応力場の抽出法の提案。
Moore, G., Bangs, N.L., Taira, A., Kuramoto, S., Pangborn, E. and Tobin, H.	2007	Three-Dimensional Splay Fault Geometry and Implications for Tsunami Generation.	Science	318	1128-1131	○	2(1)ア	2(1)ウ	掘削対象海域の海底下構造を調査し、巨大分岐断層の全貌を明らかにした。
Kimura, G., G. F. Moore, M. Strasser, E. Sreaton, D. Curewitz, C. Streiff, and H. Tobin	2010	Spatial and temporal evolution of the megasplay fault in the Nankai Trough	Geochem. Geophys. Geosyst.			○	2(1)ア	2(4)ア	巨大分岐断層の空間的、時間的発展。
Isse, T., Shiobara, H., Tamura, Y., et al.	2009	Seismic structure of the upper mantle beneath the Philippine Sea from seafloor and land observation: implications for mantle convection and magma genesis in the Izu-Bonin-Mariana subduction zone	Earth Planet. Sci. Lett.	278	107-119	○	2(1)ア	2(1)イ	島弧のマントルウエッジが一樣ではなく、目玉状に地震波の速度異常が存在し、それが噴出するマグマ組成と関係があることを示した。
<b>イ. 上部マントルとマグマの発生場</b>									
Katsumata, K., N. Wada and M. Kasahara	2006	Three-dimensional P and S wave velocity structures beneath the Hokkaido corner, Japan-Kurile arc-arc junction	Earth Planets Space	58	e37-e40	○	2(1)イ		
Nakajima, J., J. Shimizu, S. Hori, and A. Hasegawa	2006	Shear-wave splitting beneath the southwestern Kurile arc and northeastern Japan arc: A new insight into mantle return flow	Geophys. Res. Lett.	33	doi:10.1029/2005GL025053	○	2(1)イ		太平洋プレート内で発生したやや深発地震の波形を用いて、北海道から東北にかけてのS波スプリッティング解析を行った。得られた異方性の方向は、前弧側では島弧の走向にほぼ平行、背弧側ではプレートの最大傾斜方向にほぼ平行であった。背弧側において異方性の方向がプレートの収束方向と斜交するという結果は、マントルウエッジ内の二次対流によって異方性が生じていることを示唆している。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Zhao, D., Y. Tian, J. Lei, L. Liu, and S. Zheng	2009	Seismic image and origin of the Changbai intraplate volcano in East Asia: Role of big mantle wedge above the stagnant Pacific slab	Phys. Earth Planet. Inter.	173	197-206	○	2(1)イ		中国と北朝鮮の国境にある長白山活火山の起源は、東アジア大陸東部下のマントル遷移層にある停滞スラブの深部脱水とスラブ上のBig mantle wedge (BMW) 内の熱い上昇流に関係していることが分かった。
Nakamura, H., Iwamori, H., and Kimura, J.-I.	2008	Geochemical evidence for enhanced fluid flux due to overlapping subducting plates	Nature Geoscience	1	doi:10.1038/ng eo200	○	2(1)イ	2(1)ウ	
Toh, H., K. Baba, M. Ichiki, T. Motobayashi, Y. Ogawa, M. Mishina, and I. Takahashi	2006	Two-dimensional electrical section beneath the eastern margin of Japan Sea	Geophys. Res. Lett.	33	L22309	○	2(1)イ		
Kimura, H. and K. Kasahara, T. Igarashi, and N. Hirata	2006	Repeating earthquake activities associated with the Philippine Sea plate subduction in the Kanto district, central Japan. : A new plate configuration revealed by interplate aseismic slips	Tectonophys.	417	101-118	○	2(1)イ	2(2) (2-1)イ	
Shiomi, K., M. Matsubara, Y. Ito and K. Obara	2008	Structural features of the subducting slab beneath the Kii Peninsula, central Japan: Seismic evidence of slab segmentation, dehydration, and anisotropy	J. Geophys. Res.	113, B	doi:10.1029/201031807JB005535	○	2(1)イ	2(2) (2-1)イ	
Shuichi Kodaira, Takane Hori, Aki Ito, Seiichi Miura, Gou Fujie, Jin-Oh Park, Toshitaka Baba, Hide Sakaguchi, Yoshiyuki Kaneda (IFREE)	2006	A cause of rupture segmentation and synchronization in the Nankai trough revealed by seismic imaging and numerical simulation	J. Geophys. Res.	111	B09301, doi:10.1029/2005JB004030	○	2(1)イ	2(2) (2-1)ア	
Narumi Takahashi, Shuichi Kodaira, Yoshiyuki Tatsumi, Yoshiyuki Kaneda, and Kiyoshi Suyehiro	2007	Structure and growth of the Izu-Bonin-Mariana arc crust: I. Seismic constraint on crust and mantle structure of the Mariana arc - backarc system	J. Geophys. Res.	113	doi:10.1029/2007JB005120	○	2(1)イ	2(2) (2-1)ア	
Tamura, Y., J. B. Gill, D. L. Tollstrup, H. Kawabata, K. Syukuno, Q. Chang, T. Miyazaki, T. Takahashi, Y. Hirahara, S. Kodaira, O. Ishizuka, T. Suzuki, Y. Kido, and R. S. Fiske,	2009	Silicic Magmas in the Izu-Bonin Oceanic Arc and Implications for Crustal Evolution	J. Petrol.	50	685-723	○	2(1)イ	2(1)ウ	伊豆弧に噴出する流紋岩マグマと地殻構造との関係を議論し、流紋岩マグマの成因を示した。
Tamura, Y., Ishizuka, O., Stern, R. J., et al.	2011	Two primary basalt magma types from Northwest Rota-1 volcano, Mariana arc and its mantle diapir or mantle wedge plume	J. Petrol.	52	1143-1183	○	2(1)イ	2(1)ア	一つの火山に二つの玄武岩質初生マグマが存在することを示した。
Tatsumi, Y., Shukuno, H., Tani, K. et al.	2008	Structure and growth of the Izu-Bonin-Mariana arc crust: 2. Role of crust-mantle transformation and the transparent Moho in arc crust evolution.	J. Geophys. Res.	113	doi:10.1029/2007JB005121	○	2(1)イ	2(1)ウ	地震波で観測された地殻構造を岩石学的モデルで検証し、地殻構造に岩石学的解釈を与えるとともに地殻の成長の新しい仮説を提示した。
Ishizuka, o., R. N. Taylor, J. Andy Milton, R. W. Nebitt, M. Yuasa, and I. Sakamoto,	2007	Processes controlling along-arc isotopic variation of the southern Izu-Bonin arc	Geochem. Geophys. Geosyst.	8	doi:10.1029/2006GC001475	○	2(1)イ		伊豆小笠原弧南部の火山のマグマの起源物質を議論した。
Ishizuka, O., M. Yuasa, R. N. Taylor, and I. Sakamoto,	2009	Two contrasting magmatic types coexist after the cessation of back-arc spreading	Chemical Geology	266	283-305	○	2(1)イ		伊豆背弧地域の二つの異なるマグマタイプについて議論した。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
<b>ウ. 広域の地殻構造と地殻流体の分布</b>									
Uchida, N., S. H. Kirby, T. Okada, R. Hino, and A. Hasegawa	2010	Supraslab earthquake clusters above the subduction plate boundary offshore Sanriku, NE Japan: Seismogenesis in a graveyard of detached seamounts?	J. Geophys. Res.	115	doi:10.1029/2009JB006797	○	2(1)ウ	2(1)ア	東北日本三陸沿岸の深さ25-50 kmに、沈み込む太平洋スラブとほぼ平行に分布する特異な地震活動を見いだした。変換波から前弧モホ面、再決定した小繰り返し地震からプレート境界の位置を推定した。その結果この地震活動は上盤プレートのマントルウェッジで発生しており、沈み込むスラブから分離した物質の中で発生している可能性が示唆された。これが正しければ、東北日本前弧域での底付け作用を示す最初の地震学的証拠となる。
Kato, A., T. Iidaka, R. Ikuta, Y. Yoshida, K. Katsumata, T. Iwasaki, S. Sakai, C. Thurber, N. Tsumura, K. Yamaoka, T. Watanabe, T. Kunitomo, F. Yamazaki, M. Okubo, S. Suzuki, N. Hirata	2010	Variations of fluid pressure within the subducting oceanic crust and slow earthquakes	Geophys. Res. Lett.	37	L14310, doi:10.1029/2010GL043723	○	2(1)ウ	2(2)(2-1)ウ	東海地震の固着域深部から、深部低周波微動震源域までの約100 kmの高密度な地震計アレイ観測網を展開し、長期的スロースリップや深部低周波地震の発生域の詳細な地下構造を推定した。その結果、長期的スロースリップの重心には、顕著な低速度・高ポアソン比の海洋性地殻が存在する。一方、その深部の低周波微動域では、上記の低速度・高ポアソン比の異常が緩和する特徴を捉えた。
Yamaguchi, S., M. Uyeshima, H. Murakami, S. Sutoh, D. Tanigawa, T. Ogawa, N. Oshiman, R. Yoshimura, K. Aizawa, I. Shiozaki, and T. Kasaya	2009	Modification of the Network-MT method and its first application in imaging the deep conductivity structure beneath the Kii Peninsula, southwestern Japan	Earth Planets Space	61	957-971	○	2(1)ウ	2(2)(2-1)ウ	大局的比抵抗構造を調査する際に有力なネットワークMT法の利点はそのまま、欠点であった通信回線ケーブルの使用可能依存性を克服するために自作電極と局所的メタリック電話回線のみを利用した修正ネットワークMT法を用い、紀伊半島中央部の深部比抵抗構造調査を行った。得られたモデルの特徴は10 Ωm以下の良導体が紀伊半島中央部のコンラッド面とフィリピン海スラブ上面の間 (DFLが多く発生する所を含む) に存在することである。
Kimura, H., T. Takeda, K. Obara, and K. Kasahara	2010	Seismic Evidence for Active Underplating Below the Megathrust Earthquake Zone in Japan	Science	329	210-212, doi:10.1126/science.1187115	○	2(1)ウ	1(1)ア	防災科学技術研究所の地震観測網のデータと反射法地震探査データの解析から、沈み込むプレートの表面が剥がれて日本列島の地殻の底に付加する現象 — 底付け作用 — が進行していることを明らかにした。
Screaton, E., Kimura, G., Curewitz, D., Moore G., et. Al.	2009	Interactions between deformation and fluids in the frontal thrust region of the NanTroSEIZE transect offshore the Kii Peninsula, Japan: Results from IODP Expedition 316 Sites C0006 and C0007	Geochem. Geophys. Geosyst.	10	1-14	○	2(1)ウ	2(4)イ	沈み込み帯での地殻内流体と変形作用の相互作用。
Kodaira, S., Sato, T., Takahashi, N. et al.	2007	Seismological evidence for variable growth of crust along the Izu intraoceanic arc	J. Geophys. Res.	112	doi:10.1029/2006JB004593	○	2(1)ウ	2(1)ア	島弧地殻の多様性を示し、島弧地殻と火山のマグマとの関係を初めて示した。
<b>エ. 地震活動と火山活動の相互作用</b>									
Hasegawa, A., J. Nakajima, N. Uchida, T. Okada, D. Zhao, T. Matsuzawa, and N. Umino	2009	Plate subduction, and generation of earthquakes and magmas in Japan as inferred from seismic observations: An overview	Gondwana Research	16	370-400	○	2(1)エ	2(1)イ	
Zhao, D., M. Santosh, and A. Yamada	2010	Dissecting large earthquakes in Japan: Role of arc magma and fluids	Island Arc	19	4-16	○	2(1)エ	2(1)ウ	高精度地震波トモグラフィーで日本列島下の地殻とマントル最上部の微細構造を推定した結果、火山活動と地震活動が密接に関連していることが分かった。



著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Morita, Y., S. Nakao, Y. Hayashi	2006	A quantitative approach to the dike intrusion inferred from a joint analysis of geodetic and seismological data for 1998 earthquake swarm off the east coast of Izu Peninsula, central Japan	J. Geophys. Res.	111	doi:10.1029/2005JB003860	○	2(1)エ	2(2)(2-2)ア	
H. Utada, Y. Takahashi, Y. Morita, T. Koyama, T. Kagiya	2007	ACTIVE system for monitoring volcanic activity: A case study of the Izu-Oshima Volcano, Central Japan	J. Volcanol. Geotherm. Res.	164	217-243	○	2(1)エ	2(2)(2-2)ア	
Abe, Y., Ohkura, T., Shibutani, T., Hirahara, K. and Kato, M	2010	Crustal structure beneath Aso Caldera, southwest Japan, as derived from receiver function analysis.	J. Volcanol. Geotherm. Res.	195	1-12	○	2(1)エ		阿蘇カルデラを含む九州地方のモホ面の深さ分布を明らかにし、地溝帯として期待されるようなモホ面のせり上がりが無いことを明らかにした。また、阿蘇カルデラ西部の地下15 km付近に低速度域が存在することを明らかにした。
Ohsawa, S., Sakai, T., Yamada, M., Mishima, T., Yoshikawa, S. and Kagiya, T.,	2011	Dissolved inorganic carbon extremely rich in mantle component of hot spring waters from the Hitoyoshi Basin located in a non-volcanic region of Central Kyushu, Japan	J. Hot Spring Sci.	60	410-417	○	2(1)エ		九州中部の非火山地域に分布する温泉に含まれる炭酸の成分の起源を調査した結果、人吉盆地の温泉からはマントル起源の成分、人吉から宮崎県北部にかけての温泉からはスラブ脱水起源の成分が検知された。この成分が検知された領域は、深さ20~30 km付近の低比抵抗域と一致していることが明らかとなった。
Abe, Y., T. Ohkura, K. Hirahara, and T. Shibutani	2011	Common-conversion-point stacking of receiver functions for estimating the geometry of dipping interfaces	Geophys. J. Int.	185	1305-1311	○	2(1)エ		レーザー関数解析において、深部に急傾斜で存在するスラブをイメージングするための新しい手法を提案した。この手法を適用し、九州中部のレーザー関数イメージを求め、深さ90 kmまでに海洋地殻からの脱水が完了することを示唆する結果を得た。
<b>オ. 地震発生サイクルと長期地殻ひずみ</b>									
Tanioka, Y., K. Satake, and K. Hirata	2007	Recurrence of recent large earthquakes along the southernmost Kurile-Kamchatka subduction zone, in Volcanism and Subduction: The Kamchatka region	Geophysical Monograph	172	145-152	○	2(1)オ	2(3)(3-2)イ	
Ioki, K, and Y. Tanioka	2010	Slip Distribution of the 1963 Great Kurile Earthquake Estimated from Tsunami Waveforms	Pure and Applied Geophysics	168	1045-1052	○	2(1)オ	2(3)(3-2)イ	1963年ウルップ島沖巨大地震の滑り量分布を津波波形インバージョンにより推定した。その結果地震モーメントは $2.4 \times 10^{21}$ Nm (Mw8.2) と推定された。またこの地震の破壊域は2006年中千島巨大地震の破壊域とは重複しておらず、また空白域も存在しないことが明らかになった。
Ito T., Y. Kojima, S. Kodaira, H. Sato, Y. Kaneda, T. Iwasaki, E. Kurashimo, N. Tsumura, A. Fujiwara, T. Miyauchi, N. Hirata, S. Harder, K. Miller, A. Murata, S. Yamakita, M. Onishi, S. Abe, T. Sato, T. Ikawa	2009	Crustal structure of southwest Japan, revealed by the integrated seismic experiment Southwest Japan 2002	Tectonophysics	472	124-134	○	2(1)オ		
Ishiyama, T., K. Mueller, H. Sato, and M. Togo	2007	Coseismic fault-related fold model, growth structure, and the historic multisegment blind thrust earthquake on the basement-involved Yoro thrust, central Japan	J. Geophys. Res.	112	doi:10.1029/2006JB004377	○	2(1)オ		
Sugito, N., A. Okada, and H. Tsutsumi	2010	Geologic evidence for surface rupture associated with the 1847 M 7.4 Zenkoji earthquake at Dannohara, Nagano City, Japan	Bulletin of the Seismological Society of America	100	1678-1694	○	2(1)オ		

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建 議の項目	次に関連 の深い建 議の項目	概要説明
Kitagawa, Y., K. Fujimori and N. Koizumi	2007	Temporal change in permeability of the Nojima fault zone by repeated water injection experiments	Tectonophys.	443	183-192	○	2(1)オ	3(3)ア	淡路島の野島断層における繰り返し注水試験によって、断層近傍の透水性が回復(減少)してきていることを観測と解析によって明らかにした。
Sawai, Y., T. Kamataki, M. Shishikura, H. Nasu, T. Katie, Y. Okamura, K. Satake, Y. Fujii, J. Komatsubara, D. Matsumoto and T. T. Aung	2008	Aperiodic recurrence of geologically recorded tsunamis from the past 5,500 years in eastern Hokkaido, Japan	J. Geophys. Res.		doi:10.1029/2007JB005503	○	2(1)オ		北海道東部太平洋岸における津波堆積物の詳細な年代測定から、過去5500年間において巨大津波の再来間隔は平均400年だが、100~800年のばらつきがあることを解明。Nature Geoscience誌でもトピック論文として取り上げられた。
Sawai, Y., Y. Fujii, O. Fujiwara, T. Kamataki, J. Komatsubara, Y. Okamura, K. Sataka and M. Shishikura	2008	Marine incursions of the past 1500 years and evidence of tsunamis at Suijin-numa, a coastal lake facing the Japan Trench	Holocene	18	517-528	○	2(1)オ		宮城県山元町水神沼における地質調査で検出した3層のイベント砂層について、津波の可能性を検討。そのうち一つは869年貞観地震に対比される。
<b>(2) 地震・火山噴火に至る準備過程</b>									
<b>(2-1) 地震準備過程</b>									
<b>ア. アスペリティの実体</b>									
Takahashi, H., and M. Kasahara	2007	Spatial relations between interseismic seismicity, coseismic asperities and aftershock activity in the southwestern Kuril trench	Volcanism and Subduction: The Kamchatka region, AGU monograph	172	153-164	○	2(2) (2-1) ア	2(2) (2-1) イ	北海道太平洋地域の詳細な震源分布から、アスペリティ内部では定常的な地震活動が低調なこと、定常的な地震活動はアスペリティを取り囲むように発生していることを明らかにし、この特徴から未知のアスペリティの抽出が可能であることを示した。この考えを発展させることにより、十勝根室沖の沖合いに見られる巨大な地震活動空白域が500年間隔運動型巨大地震の震源域に相当する可能性を指摘した。
Iinuma, T., M. Ohzono, Y. Ohta, and S. Miura	2011	Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (M 9.0) estimated based on GPS data-Was the asperity in Miyagi-oki ruptured?	Earth Planets Space	in press	doi:10.5047/eps.2011.06.013	○	2(2) (2-1) ア	1(1)イ	2011年東北地方太平洋沖地震の地震時滑り分布を、陸上GPS観測点で得られた地震時変位を基に推定した。約40年周期で発生すると考えられていた宮城県沖地震の震源域において本震時の滑りが及んでいること、また、本震の主破壊域は沈み込むプレートと陸側プレートの地殻部分とが接触している領域に限定されていることを示した。
Ito, Y., T. Tsuji, Y. Osada, M. Kido, D. Inazu, Y. Hayashi, H. Tsushimai, R. Hino, and H. Fujimoto	2011	Frontal wedge deformation near the source region of the 2011 Tohoku-Oki earthquake	Geophys. Res. Lett.	in press	doi:10.1029/2011GL048355	○	2(2) (2-1) ア	3(1)ア	東北地方太平洋沖地震 (M9.0) に伴う上下地殻変動を海溝軸から約20 km 陸側に設置した海底圧力計で観測した。観測された地殻変動は5 mの隆起を示した。また水平変動量を海底に設置された機器の地震前後の位置の比較から求めた結果、5 mの隆起量を観測した地点では58 m東へ、より陸側の地点では74 m南東へそれぞれ地震後に移動していた。これらの地殻変動量から推定されるプレート境界上での滑り量は80 mと推定された。
Tahara, M., H. Shimizu, M. Nakada, Y. Ito	2006	Focal depth distribution using sP depth phase and implications for plate coupling in the Hyuganada region, Japan	Physics of the Earth and Planetary Interiors		155, 219-235	○	2(2) (2-1) ア	2(2) (2-1) エ	日向灘で発生する地震の震源をsP-phaseを用いて高精度に決定し、プレート境界で発生する逆断層型の地震の周囲で正断層型が多数発生していることを示した。それらの正断層地震のうち、上盤側(陸側)で発生する地震の分布は負の重力異常のピーク域に一致しており、この領域に浮力が働いていることを示唆する。この浮力が日向灘のプレート境界の固着を弱めている可能性がある。
Tahara, M., K. Uehira, H. Shimizu, M. Nakada, T. Yamada, K. Mochizuki, M. Shinohara, M. Nishino, R. Hino, H. Yakiwara, H. Miyamachi, K. Umakoshi, M. Goda, N. Matsuwo and T. Kanazawa	2008	Seismic velocity structure around the Hyuganada region, Southwest Japan, derived from seismic tomography using land and OBS data and its implications for interplate coupling and vertical crustal uplift	Physics of the Earth and Planetary Interiors	167	19-33	○	2(2) (2-1) ア	2(2) (2-1) イ	日向灘のプレート境界付近の三次元地震波速度構造をOBSの観測データも用いて精度良く推定した。その結果、九州パラオリッジに対応するプレート境界域とマントルウェッジが低速度であることが明らかになった。また、この低速度域(高ポアソン比の領域)は低重力異常域であり、非地震性滑りの発生域とも一致している。九州パラオリッジがプレート間の固着に影響を及ぼしている可能性がある。
Matsumoto, Y., T. Ishikawa, M. Fujita, M. Sato, H. Saito, M. Mochizuki, T. Yabuki and A. Asada	2008	Weak interplate coupling beneath the subduction zone off Fukushima, NE Japan, inferred from GPS/acoustic seafloor geodetic observation	Earth Planets Space	60	e9-e12	○	2(2) (2-1) ア	1(1)イ	福島沖海底基準点における2002年~2008年3月までの観測から、同基準点がユーラシアプレート安定域に対して西向きに3.1 cm/年の速さで移動していることが分かった。これは、宮城沖における速度と比べて有意に小さく、この海域ではプレート間カップリングが弱いことを示唆している。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Sato, M., H. Saito, T. Ishikawa, Y. Matsumoto, M. Fujita, M. Mochizuki and A. Asada	2011	Restoration of interplate locking after the 2005 Off-Miyagi Prefecture earthquake, detected by GPS/acoustic seafloor geodetic observation	Geophys. Res. Lett.	38	doi:10.1029/2010GL045689	○	2(2) (2-1) ア	1(1) イ	海上保安庁の海底地殻変動観測により、2005年8月に発生した宮城県沖の地震後、1年程度の余効変動期間を経て、2007年頃から再びひずみの蓄積が開始されたことが分かった。
Sato, M., T. Ishikawa, N. Ujihara, S. Yoshida, M. Fujita, M. Mochizuki and A. Asada	2011	Displacement Above the Hypocenter of the 2011 Tohoku-oki Earthquake	Science	332	1395	○	2(2) (2-1) ア	1(1) イ	海上保安庁の海底地殻変動観測から得られた、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う海底の動きについて報告した。震源のほぼ真上の基準点で東南東に約24 m移動し、約3 m隆起したことが分かった。
<b>イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用</b>									
Kosuga, M. and K. Watanabe	2011	Seismic activity around the northern neighbor of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake with special attention to a potential large aftershock in the area	Earth Planets Space	63		○	2(2) (2-1) イ		弘前大学で収録した地震波形データを基に、東北地方北部沖合での2011年東北地方太平洋沖地震の余震活動の特徴を明らかにした。
Suwa, Y., S. Miura, A. Hasegawa, T. Sato, and K. Tachibana	2006	Interplate coupling beneath NE Japan inferred from three dimensional displacement field	J. Geophys. Res.	111	doi:10.1029/2004JB003203	○	2(2) (2-1) イ	2(1) ア	GPSデータによりプレート境界の固着状況を調べ、宮城県沖と青森県沖から十勝沖にかけての広い領域で固着が生じており、また、内陸の下でも深さ100 km程度まで固着の遷移域が広がっていることを明らかにした。
Ito, Y., K. Obara, K. Shiomi, S. Sekine and H. Hirose	2007	Slow Earthquakes Coincident with Episodic Tremors and Slow Slip Events	Science	315	503-506	○	2(2) (2-1) イ	1(1) ア	間欠的に発生する微動及びスロースリップイベントに同期した新たなスロー地震の発見した。
Hirose, H., Y. Asano, K. Obara, T. Kimura, T. Matsuzawa, S. Tanaka, and T. Maeda	2010	Slow Earthquakes Linked Along Dip in the Nankai Subduction Zone	Science	330	1502	○	2(2) (2-1) イ	1(1) ア	豊後水道で約6年ごとに発生するスロースリップイベント（深さ30 km付近）に伴って、プレート境界に沿った深部側（深さ30~40 km）と、浅部側（深さ5 km付近）で、種類の異なる「スロー地震」が同時に発生していることを明らかにした。
Kitagawa, Y., N. Koizumi, R. Ohtani, K. Watanabe and S. Itaba	2006	Detection of aseismic slip on an inland fault by crustal movement and groundwater observations: A case study on the Yamasaki fault, Japan	Pure Appl. Geophys.	163	657-673	○	2(2) (2-1) イ	1(1) イ	活断層における非地震性滑りを観測によって検出できた可能性を示唆。
Imanishi, K., Y. Kuwahara, T. Takeda, T. Mizuno, H. Ito, K. Ito, H. Wada, and Y. Haryu	2011	Depth-dependent stress field in and around the Atotsugawa fault, central Japan, deduced from microearthquake focal mechanisms: Evidence for localized aseismic deformation in the downward extension of the fault	J. Geophys. Res.	116	doi:10.1029/2010JB007900	○	2(2) (2-1) イ		微小地震のメカニズム解の深さ変化から、跡津川断層深部延長部における非地震性滑りの可能性を示唆した。
水藤尚・小沢慎三郎	2009	東海地方の非定常地殻変動-東海スロースリップと2004年紀伊半島南東沖の地震の余効変動	地震	61	113-135	○	2(2) (2-1) イ	1(1) ウ	豊富なGPSデータを丹念に解析することにより東海地方でのスロースリップがほぼ終息するまでの一生を明らかにした。このことは、周囲の固着域への影響や大地震を繰り返してきた南海トラフ沿いのプレート境界における応力蓄積を正しく見積もる上で重要な成果であり、また次回同様の現象が発生した時に推移予測する上でも不可欠である。
Ozawa, S., T. Nishimura, H. Suito, T. Kobayashi, M. Tobita, and T. Imakiire	2011	Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake	nature		doi:10.1038/nature10227	○	2(2) (2-1) イ	1(1) イ	GPSデータから東北地方太平洋沖地震の地震時と地震後の滑り分布を推定した。地震時の滑り域は南北約400 kmに広がり、最大滑り量は27 m以上と推定された。また余効滑りは地震時滑りの深部延長域に広がっていた。東北日本では、地震前のGPS観測により大きなひずみ蓄積が観測されており、どのようにひずみが解放されるのかが謎であったが、この地震が数百年分のひずみを解放したことから、巨大地震によって解放されることが示された。
<b>ウ. ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生準備過程</b>									

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Takahashi, H	in press	Coseismic strain and stress changes in eastern Japan due to the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake as derived from GPS data	Earth Planets Space			○	2(2) (2-1)ウ	2(1)エ	東北沖地震によりもたらされた日本列島のひずみの不均質場をGPSデータから直接推定した。地震が誘発された新潟神戸構造線や富士山付近でひずみの異常が検出された。これらの異常は地下構造の不均質性に起因していることが予想され、活断層の離散的分布を規定する力学的大構造を示している可能性があり、内陸活断層に局所的に応力が蓄積され地震発生に至るプロセスを解明する上で重要な知見である。
小菅正裕・岩渕 智・村田和則	2009	稠密余震観測データを用いて推定した2004年新潟県中越地震震源域の応力場	地震	62	27-46	○	2(2) (2-1)ウ		2004年新潟県中越地震後に実施した合同余震観測データを用いて余震域の応力場について検討し、空間的な変動を詳細に明らかにした。
Katsumata, K., M. Kosuga, H. Katao et al.	2010	Focal mechanisms and stress field in the Atotsugawa fault area, central Honshu, Japan	Earth Planets Space	62	367-380	○	2(2) (2-1)ウ	2(1)ウ	跡津川断層周辺での合同地震観測データを用いて応力場の検討を行い、断層中央部深部が周辺とは異なる応力状態にあることを示した。
Iinuma, T., M. Ohzono, Y. Ohta, S. Miura, M. Kasahara, H. Takahashi, T. Sagiya, T. Matsushima, S. Nakao, S. Ueki, K. Tachibana, T. Sato, H. Tsushima, K. Takatsuka, T. Yamaguchi, M. Ichiyonagi, M. Takada, K. Ozawa, M. Fukuda, Y. Asahi, M. Nakamoto, Y. Yamashita, and N. Umino	2009	Aseismic slow slip on an inland active fault triggered by a nearby shallow event, the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake (Mw6.8)	Geophys. Res. Lett.	36	doi:10.1029/2009GL040063	○	2(2) (2-1)ウ		2008年岩手・宮城内陸地震の地震時滑り及び余効滑りの分布をGPS観測に基づく変位時系列データから求めた。余効滑りが本震断層面上、地震時滑り域よりも浅い側で発生したこと、また、本震時には変位を生じなかった隣接する活断層において地震後に非地震性滑りが発生したことが明らかになった。
Nakajima, J., A. Kato, T. Iwasaki, S. Ohmi, T. Okada, T. Takeda, and The Japanese University Group of the Joint Seismic Observations at NKTZ	2010	Deep crustal structure around the Atotsugawa fault system, central Japan: A weak zone below the seismogenic zone and its role in earthquake generation	Earth Planets Space	62	555-566	○	2(2) (2-1)ウ	2(1)ウ	跡津川断層周辺の地殻の微細構造を推定し、(1)断層直下の下部地殻は低速度域になっていること、(2)上部地殻は断層に沿って速度不均質が見られ、地震活動が低調は断層中央部は周囲に比べ10%程度速度が遅いこと、などを明らかにした。断層直下の下部地殻の低速度域は2-3 vol%の水の存在で説明できる。
Okada, T., N. Umino, and A. Hasegawa	2010	Deep structure of the Ou mountain range strain concentration zone and the focal area of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake, NE Japan - Seismogenesis related with magma and crustal fluid	Earth Planets Space	62	347-352	○	2(2) (2-1)ウ	2(1)ウ	2008年6月14日にM7.2の地震(2008年岩手・宮城内陸地震)が岩手県南部・宮城県北西部に発生した。この地震は、これまでも活発な地震活動が見られた東北脊梁(せきりょう)山地ひずみ集中帯及び宮城県北部地域の前弧側のひずみ集中帯の付近で発生した。これらのひずみ集中帯や震源断層の直下には部分溶融域と思われる低速度域が分布し、そこから分離・上昇した地殻流体が今回の地震の発生に関わっていることが示唆される。
Kato, A., S. Sakai, T. Iidaka, T. Iwasaki, E. Kurashimo, T. Igarashi, N. Hirata, T. Kanazawa, K. . . Katsumata, H. Takahashi, R. Honda, T. Maeda, M. Ichiyonagi, T. Yamaguchi, M. Kosuga, T. Okada, J. Nakajima, S. Hori, T. Nakayama, A. Hasegawa, T. Kono, S. Suzuki, N. Tsumura, Y. Hiramatsu, K. Sugaya, A. Hayashi, T. Hirose, A. Sawada, K. Tanaka, Y. Yamanaka, H. Nakamichi, T. Okuda, Y. Iio, K. Nishigami, M. Miyazawa, H. Wada, N. Hirano, H. Katao, S. Ohmi, K. Ito, I. Doi, S. Noda, S. Matsumoto, T. Matsushima, A. Saiga, H. Miyamachi, K. Imanishi, T. Takeda, Y. Asano, Y. Yukutake, T. Ueno, T. Maeda, T. Matsuzawa, S. Sekine, M. Matsubara, and K. Obara (2011),	2011	Anomalous depth dependency of the stress field in the 2007 Noto Hanto, Japan, earthquake: Potential involvement of a deep fluid reservoir	Geophys. Res. Lett.	38	L06306, doi:10.1029/2010GL046413	○	2(2) (2-1)ウ	1(2) (2-1)イ	2007年能登半島地震発生後に実施された高密度余震観測データを用いて、震源域の応力場の深さ変化を推定した。深さ4 km以浅では、横ずれ型の応力場で特徴付けられるが、より深部では逆断層型の応力場が卓越する。本震の震源よりも更に深い領域では、最大主圧縮軸の方位が様々な方位を向く。このような応力場の異常な深さ変化の要因として、震源域下部に局在化した流体がもたらす浮力について考察した。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Kato, A., T. Miyatake, and N. Hirata	2010	Asperity and Barriers of the 2004 Mid-Niigata Prefecture Earthquake Revealed by Highly Dense Seismic Observations	Bull. Seism. Soc. Am.	100	1, 298-306	○	2(2) (2-1)ウ	1(2) (2-1)イ	新潟県中越地震の本震断層面上の地震波速度構造・応力降下量を推定し、内陸地震のアスペリティモデルを提唱した。本震震源の北東浅部に高速度体がイメージングされた。そこでは、余震活動度が低く、アスペリティ・高応力降下量域に対応する。一方、本震震源の南西側では、負の応力降下量の領域が検出された。この領域は、上盤側の堆積層起源の層の厚みが急激に増加する場所に対応しており、バリアとして機能したと考えられる。
Wannamaker, P.E., T.G. Caldwell, G. R. Jiracek, V. Maris, G.J. Hill, Y.Ogawa, H. M. Bibby, S. B. Bennie, and W. Heise	2009	The fluid and deformation regime of an advancing subduction system; Marlborough, New Zealand	Nature	460	733-736	○	2(2) (2-1)ウ	2(1)ウ	ニュージーランド南島北部の沈み込み帯において、上部マントル及び地殻の流体分布を明らかにし、それと断層の成熟度・発生様式との関連を示した。
Iio, Y., Shibusaki, T., Matsumoto, S., Katao, H., Matsushima, T., Ohmi, S., Takeuchi, F., Uehira, K., Nishigami, K., Miyazawa, M., Enescu, B., Hirose, I., Kano, Y., Kohno, Y., Tatsumi, K., Ueno, T., Wada, H., and Y. Yukutake	2009	Precise aftershock distribution of the 2004 Mid-Niigata prefecture earthquake—Implication for a very weak region in the lower crust	Phys. Earth Planet. Inter.	172	345-352	○	2(2) (2-1)ウ	2(1)ウ	新潟県中越地震の余震分布の詳細な解析により、断層中央部直下の下部地殻のみに非常に柔らかい領域があると仮定すると、M6クラスの余震の破壊過程や余震分布を合理的に説明できることを示した。更に、その非常に柔らかい領域の大きさにより、発生する地震の大きさが決まる可能性を指摘した。何が地震の大きさを決めるのかという問題に一つの答えを与える研究である。
Kawanishi, R., Y. Iio, Y. Yukutake, T. Shibusaki, and H. Katao	2009	Local stress concentration in the seismic belt along the Japan Sea coast inferred from precise focal mechanisms: Implications for the stress accumulation process on intraplate earthquake faults	J. Geophys. Res.	114	B01309, doi:10.1029/2008JB005765	○	2(2) (2-1)ウ	2(1)ウ	内陸地震の断層への応力集中は、直下の下部地殻内の断層帯のゆっくりした変形によることを、合同観測データの詳細な解析と有限要素法によるモデリングにより明らかにした。内陸地震の発生過程に関する物理モデルを構築するための基礎を確かにした論文である。
Yoshimura, R., N. Oshiman, M. Uyeshima, H. Toh, T. Uto, H. Kanazaki, Y. Mochido, K. Aizawa, Y. Ogawa, T. Nishitani, S. Sakanaka, M. Mishina, H. Satoh, T. Goto, T. Kasaya, S. Yamaguchi, H. Murakami, T. Mogi, Y. Yamaya, M. Harada, I. Shiozaki, Y. Honkura, S. Koyama, S. Nakao, Y. Wada, and Y. Fujita	2009	Magnetotelluric transect across the Niigata-Kobe Tectonic Zone, central Japan: A clear correlation between strain accumulation and resistivity structure	Geophys. Res. Lett.	36	L20311, doi:10.1029/2009GL040016	○	2(2) (2-1)ウ	2(1)ウ	跡津川断層に直交する測線の17観測点で、広帯域MT観測を実施し、総延長70 km、深さ30 kmの領域の比抵抗構造を詳細に求め、断層周辺でGPS観測により明らかにされたひずみ蓄積状況と非常に強い相関を持つ以下のような比抵抗分布の不均質性を極めて明瞭に示した。断層周辺の上部地殻は全体として高比抵抗であり、その領域はこの地域で実際に新潟—神戸ひずみ集中帯を形成していると考えられている地域とよい対応関係にある。特に、跡津川断層直下から南側では高比抵抗な上部地殻が相対的にその厚さが薄くなっており、下部地殻に存在している低比抵抗領域（低速度領域と対応している）が上昇し、直上の高比抵抗領域の薄くなった部分に入り込んだような構造となっている。さらに、上部地殻の高比抵抗領域の両側に存在している低比抵抗領域はGPS観測による年間変位量の空間分布に変化が見られる地域に対応している。
Hiramatsu, Y. and M. Furumoto	2007	Scaling relationships between sizes of nucleation regions and eventual sizes of microearthquakes	Tectonophys.	443	209-219	○	2(2) (2-1)ウ		野島断層の1800 mボアホール地震波波形データを用いて、断層近傍に発生する極微小地震の初期破壊過程を調べた。その結果、破壊核の形成領域の大きさが地震の最終サイズを決めることが推定された。
Matsumoto, S., A. Watanabe, T. Matsushima, H. Miyamachi, and S. Hirano	2006	Imaging S-wave scatterer distribution in southeast part of the focal area of the 2005 West Off Fukuoka Prefecture Earthquake (MJMA7.0) by dense seismic array	Earth Planets Space	58	1627-1632	○	2(2) (2-1)ウ	2(3) (3-2)ア	福岡県西方沖地震の余震域近傍で、水平動地震計によるアレイ観測を行い、本震断層と警固断層との間に強い散乱体が存在していることを明らかにした。これは、断層の折れ曲がり強い不均質を伴っていることを示したもので、破壊の拡大などに短波長不均質が寄与している可能性を示唆している。
Matsumoto, S., K. Uehira, A. Watanabe, K. Goto, Y. Iio, N. Hirata, T. Okada, H. Takahashi, H. Shimizu, M. Shinohara and T. Kanazawa	2009	High resolution Q-1 estimation based on extension of coda normalization method and its application to P-wave attenuation structure in the aftershock area of the 2005 West Off Fukuoka Prefecture Earthquake (M7.0)	Geophys. J. Int.	Geophys. J. Int.		○	2(2) (2-1)ウ	2(3) (3-2)ア	精度よく決められた震源データとP、コーダ波スペクトル比を用いて、2005年福岡県西方沖地震震源断層及び周辺の減衰構造を推定した。本震断層面とその両端の断層セグメントでは減衰が大きく、この部分で強い不均質構造を持つことが明らかになった。また、アスペリティでは減衰が小さい。これらの結果は断層破壊とそのセグメント境界の果たす役割を考える上で重要な知見である。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Nishimura, T., M. Tobita, H. Yarai, T. Amagai, M. Fujiwara, H. Une, and M. Koarai	2008	Episodic growth of fault-related fold in northern Japan observed by SAR interferometry	Geophys. Res. Lett.	35	doi:10.1029/2008GL034337	○	2(2)(2-1)ウ	1(1)イ	SAR干渉解析により、新潟県の活褶曲(かつしゅうきょく)地域において、新潟県中越沖地震と同期した活褶曲の急激な成長を示す地殻変動が観測された変動域は、小木ノ城背斜の背斜軸に沿っており、中越沖地震による応力変化によって背斜軸直下の潜在断層における逆断層滑りが加速されたものと考えられる。このような地殻変動の発見は、断層への応力蓄積過程を考える上で、地殻浅部での非地震性滑りの重要性を示したものである。
<b>エ. スラブ内地震の発生機構</b>									
Gamage, S. S. N., N. Umino, A. Hasegawa, and S. H. Kirby	2009	Offshore double-planned shallow seismic zone in the NE Japan forearc region revealed by sP depth phases recorded by regional networks	Geophys. J. Int.	178	195-214	○	2(2)(2-1)エ		東北日本弧で見られる太平洋プレート内の地震活動の二重面はやや深発地震のみならず海溝付近にも存在し、しかも応力場はやや深発地震とは反転していることを明らかにした。
Nakajima, J., Y. Tsuji, and A. Hasegawa	2009	Seismic evidence for thermally-controlled dehydration reaction in subducting oceanic crust	Geophys. Res. Lett.	36	L03303. doi:10.1029/2008GL036865	○	2(2)(2-1)エ		太平洋プレート内の詳細な地震波速度構造を推定した結果、東北地方では深さ80 km程度、関東では深さ120-140 km程度まで海洋性地殻が低速度になっていることが明らかになった。関東地方下では太平洋プレートの直上にフィリピン海プレートが存在するために、太平洋プレートの温度上昇が遅れて、低速度域な海洋性地殻が深くまで及んでいると考えられる。
Kita, S., T. Okada, A. Hasegawa, J. Nakajima, and T. Matsuzawa	2010	Existence of interplane earthquakes and neutral stress boundary between the upper and lower planes of the double seismic zone beneath Tohoku and Hokkaido, northeastern Japan	Tectonophys.		doi:10.1016/j.tecto.2010.10.010	○	2(2)(2-1)エ		北海道・東北下の太平洋スラブ内の応力場のパターンは、プレート表面からの距離によってD C場(沈み込み方向に圧縮場)からD E場(同拡張場)に変化して、東北下では深さ約23 km、北海道では同約14 kmで切り替わっていた。そして、このような応力の中立面の深さと過去の大規模スラブ内地震の震源域とを比較したところ、両地域とも大規模スラブ内地震の震源域の広がり、応力場の中立面により制約されていることを見いだした。
清水 以知子	2010	沈み込みスラブの二重震発面と蛇紋岩の脱水不安定性	月刊地球	32	162-166		2(2)(2-1)エ	2(4)ア	沈み込みスラブの中地震発生の原因として、含水鉱物の脱水反応の影響が議論されてきた。我々はスラブマントル領域で起こる蛇紋岩の脱水反応が力学強度に及ぼす影響を高温高压変形実験によって調べ、従来の「脱水脆性化」説とは異なる「脱水軟化」現象が起こることを明らかにした。
<b>(2-2) 火山噴火準備過程</b>									
<b>ア. マグマ上昇・蓄積過程</b>									
橋本武志・小川康雄・高倉伸一・山谷祐介・市原 寛・宇津木充・井上寛之・小池哲司・長谷川浩・茂木 透	2009	有珠2000年新山域の比抵抗構造	北海道大学地球物理学研究報告	72	79-105		2(2)(2-2)ア		MT 法比抵抗探査データに基づいて、2000年新山域の浅部地下構造を解析し、新山中央部に貫入マグマを想定させる隆起状の構造を認め、マグマ貫入に伴う物理的な変形や、粘土鉱物の比抵抗が遷移する等温面に対応する可能性が残されているものの、貫入マグマの示す比抵抗値の検討から、この隆起部の比抵抗値は部分的に溶融したマグマを考えれば説明できることを示した論文である。
Onizawa S., H. Oshima, H. Aoyama, H. Mori, T. Maekawa, A. Suzuki, T. Tsutsui, N. Matsuwo, J. Oikawa, T. Ominato, K. Yamamoto, T. Mori, T. Taira, H. Miyamachi, H. Okada	2007	P-wave velocity structure of Usu volcano: Implication of structural controls on magma movements and eruption locations	J. Volcanol. Geotherm. Res.	160	175-194	○	2(2)(2-2)ア		有珠山の人工地震を用いた3Dトモグラフィ解析により求められた構造と、2000年噴火の前兆地震や圧力源と比較し、P波速度6 km/sの最下層を上方に移動した前兆地震は最下層上面に達した後、境界に沿って南に広がったこと、また3回の山麓噴火は山頂火口原下に分布する高速度な隆起部周辺で起こったことを認め、マグマ貫入が構造に規制されていることを示した。
Sato, M. and H. Hamaguchi	2006	Weak long-lived ground deformation related to Iwate volcanism revealed by Bayesian decomposition of strain, tilt and positioning data	J. Volcanol. Geotherm. Res.	155	244-262	○	2(2)(2-2)ア		ベイズ理論に基づき、長期間の連続記録からドリフトと火山性変動を分離する手法を開発した。これを岩手火山で得られた1998~1999年の傾斜・ひずみ連続観測記録に適用し、火山性変動を高精度で抽出して火山体下浅部へのマグマ貫入過程を明らかにした。これまで、ドリフトが大きく長期変動の観測には不向きと考えられてきた傾斜・ひずみデータから1年間以上の長期間にわたる変動を分離できることを示した意義は大きい。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Nishimura, T. and S. Ueki	2011	Seismicity and magma supply rate of the 1998 failed eruption at Iwate volcano, Japan	Bull. Volcanol.	73	133-142	○	2(2) (2-2)ア		ひずみ変動に基づき、1998年岩手山活動が噴火に至らずマグマ貫入で終息した理由を考察した。1997~2009年の長期間連続記録からトレンドを推定して除去し、1998年火山活動に伴うひずみ変動を抽出した。脱ガスを考慮したマグマ上昇理論より推定したひずみ変動との比較から、マグマ頭位は一定速度で上昇しており、途中で気相体積の増加がなかったことを示した。このことが噴火未遂に終わった原因と考えられる。
Aizawa, K., Y. Ogawa, T. Hashimoto, T. Koyama, W. Kanda, Y. Yamaya, M. Mishina, T. Kagiya	2008	Shallow resistivity structure of Asama volcano and its implications for magma ascent process in the 2004 eruption	J. Volcanol. Geotherm. Res.	173	165-177a	○	2(2) (2-2)ア		浅間火山のマグマ上昇が、以前の噴火で固結したマグマによって妨げられていることを見いだした。固結したマグマは電磁気探査で公比抵抗異常として検知できることを示した。
大倉敬宏・吉川 慎・井上寛之・宇津木 充・鍵山 恒臣・寺田暁彦・加納将行・由井智史・山本 圭吾・高山鐵朗・山崎友也・多田光宏・立尾 有騎・松島 健・内田和也・中元真美・山下 裕亮・平岡喜文・三森庸里江・根本 盛行	2009	阿蘇カルデラにおける水準測量（2008年9月-10月）	第4回阿蘇火山の集中総合観測		8-15		2(2) (2-2)ア	2(3) (3-3)イ	過去数十年の中では比較的静穏な活動状況下にある阿蘇火山について基礎的なデータを得ることができた。地殻変動観測では従来の研究で明らかにされている減圧源の縮小が引き続き継続していること、変動源の位置がより正確に推定され、地震波速度構造から推定されていた低速度域の位置と一致することが明らかとなった。
寺田暁彦	2009	阿蘇火山中岳第一火口の熱活動—2008年度の位置付け—	第4回阿蘇火山の集中総合観測		105-117		2(2) (2-2)ア	2(3) (3-3)イ	阿蘇山頂火口である湯だまりの熱的な状況を、雨量等の気象データ、火口湖の水位変動、湯だまりの表面温度などに基づいて検討を行った結果、火口湖の熱収支に基づく地下からの熱フラックスを推定することが可能となった。
Aizawa, K., W. Kanda, Y. Ogawa, M. Iguchi, A. Yokoo, H. Yakiwara and T. Sugano	2011	Temporal changes in electrical resistivity at Sakurajima volcano from continuous magnetotelluric observations	J. Volcanol. Geotherm. Res.	199	165-175	○	2(2) (2-2)ア		MT連続観測から桜島の地下の比抵抗変化を求めることにより、マグマから脱ガスした揮発性成分が火道から水平方向に地下水に混入していった可能性を示した。
Hidayati, S., K. Ishihara and M. Iguchi	2007	Volcano-tectonic earthquakes during the stage of magma accumulation at the Aira caldera, southern Kyushu, Japan	Bull. Volcanol. Soc. Jpn	52	289-309	○	2(2) (2-2)ア		桜島火山の火山構造性地震の震源分布と発震機構を基に始良（あいら）カルデラから桜島直下へ開口割れ目に沿って移動するマグマ供給モデルを提出した。
Kohno, Y., T. Matsushima, H. Shimizu	2008	Pressure sources beneath Unzen Volcano inferred from leveling and GPS data	J. Volcanol. Geotherm. Res.	175	100-109	○	2(2) (2-2)ア	2(1)エ	1990~1995年に活動した雲仙普賢岳における噴火中、噴火後におけるGPS連続観測及び繰り返し水準測量の結果を用いて、地下のマグマ溜まり（だ）まりの位置と変化量を推定した。解析の結果、雲仙火山のマグマ溜まりは四つあり、島原半島西方の千々石湾の地下からほぼ45度の角度で普賢岳直下まで並んでいることが分かった。また噴火停止以降は、地下深部のマグマ溜まりは更に深部からのマグマの供給で、わずかに膨張していることが分かった。
Onizawa, S., N. Matsushima, T. Ishido, H. Hase, S. Takakura, and Y. Nishi,	2009	Self-potential distribution on active volcano controlled by three-dimensional resistivity structure in Izu-Oshima, Japan	Geophys. J. Int.	178	1164-1181	○	2(2) (2-2)ア		伊豆大島火山において自然電位分布観測を行い、カルデラ内外での自然電位分布の特徴を把握し、地質構造との比較を行った。
高倉伸一・橋本武志・小川康雄・井上寛之・山谷祐介・市原 寛・茂木 透・宇津木 充・松島喜雄・佐藤秀幸	2009	有珠火山東麓におけるMT法電磁探査	北海道大学地球物理学研究報告	72	107-115		2(2) (2-2)ア		昭和新山を含む有珠火山東麓でMT法調査を実施し、インダクションペクトルの解析や北北東-南南西に横切る測線に沿っての二次元解析を実施した。その結果、当該地域の大きな比抵抗構造が明らかになった。
高木朗充・福井敬一・小司禎教	2010	火山周辺でのGPS観測における数値気象モデルを用いた対流圏補正	火山	55	1-12	○	2(2) (2-2)ア	3(2)ア	GPS観測データの解析において、気象庁のメソスケール客観解析数値気象データから正確な対流圏遅延量を求めることにより、鉛直成分を高精度に測位計算する手法を開発した。この手法は観測点間の標高差が大きい火山での観測に顕著な効果があり、浅間山におけるGPS観測では見掛けの年周変動ノイズをほぼ除去できた。また、2008年から2009年にかけての山体膨張の解析に用い、火山活動評価に有効であることを示した。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
高木朗充・福井敬一・新堀敏基・飯島聖	2010	光波測距の数値気象モデルに基づく大気補正-浅間山への適用-	火山	55	41-51	○	2(2) (2-2) ア	3(2) ア	光波測距データの解析において、気象庁のメソモデル客観解析の格子点データから光波の伝搬経路上の大気の屈折率を推定することによって伝搬速度及び伝搬経路の補正を加えることで、より適切な大気補正を行う手法を開発した。また、この手法を浅間山の山麓から山頂部までの光波測距に適用し、噴火を伴うような活動期に山頂部は膨張し、静穏期には収縮することを明らかにした。
<b>イ. 噴火履歴とマグマの発達過程</b>									
Geshi, N., N. Kusumoto, A. Gudmundsson,	2010	The geometric difference between non-feeders and feeder dikes	Geology	38	195-198	○	2(2) (2-2) イ		三宅島のカルデラ壁に観察される、200 m以上にわたる岩脈の垂直構造の例を示した。典型的な供給岩脈と非供給岩脈ではその厚さの垂直変化が異なる。これは岩脈の貫入から噴火に至る過程での岩脈内部のマグマ圧の変化を反映している。
Tomiya, A., E. Takahashi, N. Furukawa, and T. Suzuki,	2010	Depth and Evolution of a Silicic Magma Chamber: Melting Experiments on a Low-K Rhyolite From Usu Volcano, Japan	J. Petrol.	51	1333-1354	○	2(2) (2-2) イ		有珠火山のマグマだまりの深さや進化過程を実験岩石学的に調べた。歴史時代最初の1663年噴出物 (low-K流紋岩) について高温高压岩石融解実験を行い、1663年マグマだまりが温度約780 °C・深さ約10 kmの条件であることなどが分かった。
<b>(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程</b>									
<b>(3-1) 地震発生先行過程</b>									
<b>ア. 観測データによる先行現象の評価</b>									
Tsunomori, F. and Notsu, K.	2008	Simultaneous monitoring of gas concentration and groundwater level at the Omaezaki 500-m well, central Japan: Spike-like concentration change of methane level change	Geochem. J.	42	85-91	○	2(3) (3-1) ア		ラドン以外の地下水中溶存ガスを四重極質量分析計で長期連続観測する方法を確立した。
Tsunomori, F. and Kuo, T.	2010	A mechanism for radon decline prior to the 1978 Izu-Oshima-Kinkai earthquake in Japan	Radiation Measurements	45	139-142	○	2(3) (3-1) ア		地震に先行して観測されてきた地下水中のラドン濃度の減少を定量的に説明することに成功した。
Ishibe, T., K. Shimazaki, K. Satake, and H. Tsuruoka	in press	Change in seismicity beneath the Tokyo metropolitan area due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku, Japan Earthquake	Earth Planets Space			○	2(3) (3-1) ア	2(3) (3-1) イ	東北地方太平洋沖地震前後において、この地震による影響を評価した結果、震源が30 kmよりも浅い地震は静岡県東部から神奈川県西部で、30 kmよりも深い地震は茨城県南西部、東京湾北部で起きやすくなっていることが分かった。
Naoi, M., H. Ogasawara, J. Takeuchi, A. Yamamoto, N. Shimoda, K. Morishita, H. Ishii, S. Nakao, G. van Aswegen, A. J. Mendecki, P. Lenegan, R. Ebrahim-Trollope, and Y. Iio	2006	Small slow-strain steps and their forerunners observed in gold mine in South Africa	Geophys. Res. Lett.	33	doi: 10.1029/2006GL026507	○	2(3) (3-1) ア		金鉱山の地下約2.4 kmの地質断層直近の石井式ひずみ計により、100 m以内のM2級2回を含む3年間の全活動の25 Hz 24 bit連続記録が得られた。400個の鉱山のカタログ地震に伴うひずみステップの前にはひずみの加速は見られなかった。しかし、カタログ地震に対応しない多数のひずみステップもあった。中にはカタログ地震のステップに比べて桁違いに遅いものがあり、しかも、非常に遅いステップにのみ、顕著な前駆的ひずみ加速が見られた。
小笠原宏・川方裕則・石井 紘・中谷正生・矢部康男・飯尾能久・南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験国際共同研究グループ	2009	南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験-至近距離観測による地震発生過程の解明に向けて-	地震	61	S563-S573	○	2(3) (3-1) ア	2(4) ウ	南アフリカ金鉱山における採掘と地震発生、及び、研究グループが約15年間に得た至近距離での地震の準備と発生の観測研究の成果をレビュー。複数の鉱山で観測された明瞭な前駆を伴う遅いひずみステップや、鉱山地震のスケーリングなどの成果と学問的位置付けを示した。



著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明	
Ogasawara, H., R.J. Durrheim, M. Nakatani, Y. Yabe, A. Milev, A. Cichowicz, H. Kawakata, H. Moriya, JST-JICA SA research group	2009	A Japanese - South African collaboration to mitigate seismic risks in deep gold mines	Proc. 1st Hard Rock Safe Safety Conference, South African Institute of Mining and Metallurgy,		115-134	○	2(3) (3-1)ア	2(3) (3-1)イ	日本政府と南アフリカ政府のMoUに基づいて進められる計画によって、より多点多項目の観測が複数の南アフリカ金鉱山において始まることを紹介。	
Orihara, Y., M. Kamogawa, T. Nagao, and S. Uyeda	2009	Heterogeneous electrical structure of Kozu-shima volcanic island, Japan	Proc. Jpn. Acad., Ser. B	85	476-484	○	2(3) (3-1)ア		神津島周辺の地震活動に先行したと考えられた地電位差変動の空間分布が神津島の極めて大きな電氣的異方性に支配されていることをダイポール・ダイポール法による電流注入実験を行うことにより証明した。	
Orihara, Y., M. Kamogawa, A. Takeuchi, H. Fukase, and T. Nagao	2010	Subterranean electrical structure of Kozu-shima volcanic island, Japan	Proc. Jpn. Acad., Ser. B	86	914-919	○	2(3) (3-1)ア		神津島の表層付近の電氣的異方性をVLF-MT探査により島全域について求めた。その結果、電気伝導度は3桁以上にわたって変動すること。さらに表層地質とも関係があることを示した。この大きな異方性が地震に先行すると考えられた地電位差変動の空間分布について大きな影響を与えていると考えられる。	
小泉 尚嗣	2011	2009年12月の伊豆半島東部における群発地震活動に伴う地下水・地殻ひずみ変化	東濃地震科学研究所報告	27	33-37		2(3) (3-1)ア	2(1)エ	2009年12月に発生した伊豆半島東部の群発地震活動に先行して地下水位やひずみが増加した。また、群発地震発生後も、活動の活発化と衰微に対応して地下水位・ひずみが増加した。	
<b>イ. 先行現象の発生機構の解明</b>										
Kawada, Y., H. Nagahama, Y. Omori, Y. Yasuoka, T. Ishikawa, S. Tokonami, and M. Shinogi	2007	Time-scale invariant changes in atmospheric radon concentration and crustal strain prior to a large earthquake	Nonlinear Proc. Geophys.	14	123-130	○	2(3) (3-1)イ	2(4)ア	大地震に先立ち、大気中ラドン濃度の増加が観察される。本論では地殻岩石中での移流ラドンの流体圧や透水性変化が地殻ひずみ（累積ベニオフひずみ）の時間的変化と関係付けられ、ラドン濃度増加速度が本震前時間の幕乗則に従うことを明らかにし、大気中ラドン濃度を地殻ダイナミクスに関連した地震先行現象のプロキシとして利用できることを指摘した。	
Yasuoka, Y., Y. Kawada, H. Nagahama, Y. Omori, T. Ishikawa, S. Tokonami, and M. Shinogi	2009	Preseismic changes in atmospheric radon concentration and crustal strain.	Phys. Chem. Earth	34	431-434	○	2(3) (3-1)イ		兵庫県南部地震前の大気中ラドン濃度の異常上昇が地殻ひずみ、地下水中のラドン・塩素イオン濃度、地下水吐出量などのほかの地震先行現象と対応し、10 <sup>-8</sup> から10 <sup>-6</sup> のオーダーの地殻ひずみ変動に関係する。大気中ラドン濃度は、モニタリングステーション周辺の広い領域から放出されたラドン濃度の平均値が積算で、その変化はベキ法則や対数振動モデルで表せる。この濃度観測は地震前地殻ひずみの小さな異常を検出することに有益である。	
Ariyoshi, K., T. Matsuzawa, J.-P. Ampuero, R. Nakata, T. Hori, Y. Kaneda, R. Hino, and A. Hasegawa	2011	Migration process of very low-frequency events based on a chain-reaction model and its application to the detection of preseismic slip for megathrust earthquakes	Earth Planets Space		in press	○	doi:10.5047/eps.2010.09.003	2(3) (3-1)イ	2(2) (2-1)イ	西南日本を模した数値シミュレーションを実施したところ、巨大地震の前に、その深部で生じる低周波イベントの間隔が短くなり、かつ移動速度も規模も大きくなるのが分かった。したがって、このような低周波イベントをモニターしていれば巨大地震の予測ができる可能性がある。
Onuma, K., J. Muto, H. Nagahama, and K. Otsuki	2011	Electric potential changes associated with nucleation of stick-slip of simulated gouges	Tectonophys.	502	308-314	○	2(3) (3-1)イ	2(4)ア	地震前兆の電磁放射現象の機構解明を目的として、摩擦滑り実験を行い、摩擦滑りに先行して、地震核形成フェーズに対応する電極間電位の変動を観測した。電位変動は滑りに比例して大きくなり、固着滑り時には100 mVに達する。固着滑り直前の核形成フェーズで明瞭な電磁変動が観測されたことから、地震の先行現象として電磁変動が現れ得る可能性が指摘できる。	
Sato, K. and J. Mori.	2006	Scaling relationship of initiations for moderate to large earthquakes	J. Geophys. Res.	111		○	doi:10.1029/2005jb003613	2(3) (3-1)イ		神岡鉱山の坑道のポアホールにて間隙水圧の連続観測を行い、その地震波応答に対する応答を測定した。その結果、間隙水圧が理論どおり体積ひずみに比例することを確認した。そしてこれらの結果からSkempton係数の値を0.8と決定した。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
竹内昭洋・藍檀オメル・佐柳敬造・長尾年恭	2011	火成岩の不均一圧縮に伴う起電力の発生とそのメカニズム	東海大学海洋研究所研究報告	32	56-61		2(3)(3-1)イ		十分に自然乾燥させた火成岩ブロック試料の一端のみを一軸圧縮すると、非圧縮端が相対的に電位が高くなる起電力が発生した。有限要素法による解析や起電力のブロック長依存性などから判断し、圧縮部で正孔電荷キャリアが発生し、非圧縮部へと拡散するというモデルを提唱した。火成岩構成鉱物に一般的に含まれる格子欠陥である過酸化架橋のエネルギー準位構造が外力により変化し、過酸化架橋がアクセプター化すると考えている。
(3-2) 地震破壊過程と強震動									
ア. 断層面の不均質性と動的破壊特性									
Uchida, N., T. Matsuzawa, W. L. Ellsworth, K. Imanishi, T. Okada, and A. Hasegawa	2007	Source parameters of a M4.8 and its accompanying repeating earthquakes off Kamaishi, NE Japan - implications for the hierarchical structure of asperities and earthquake cycle	Geophys. Res. Lett.	34	doi:10.1029/2007GL031263	○	2(3)(3-2)ア	2(2)(2-1)イ	岩手県釜石沖のM4.9の繰り返し地震とその近傍の微小地震の位置、断層サイズ及び応力降下量を推定した。微小地震の一部は、アスペリティ内と同じ場所で繰り返し発生し、アスペリティが階層構造をしていることを示した。また、微小地震の応力降下量はM4.9地震に比べ小さく、弱いアスペリティで発生していると推定された。地震サイクル中の微小地震活動の時間変化から、アスペリティへの応力集中過程について考察した。
Zhao, D., Z. Wang, N. Umino, and A. Hasegawa	2009	Mapping the mantle wedge and interplate thrust zone of the northeast Japan arc	Tectonophys.	467	89-106	○	2(3)(3-2)ア	2(2)(2-1)ア	SP depth phaseを用いて東北日本前弧域下の三次元P波とS波速度構造を求めた。その結果、太平洋スラブ上面付近の構造不均質とプレート境界型大地震の分布との間に顕著な相関が見られた。
Hasegawa, A., K. Yoshida, and T. Okada	2011	Nearly complete stress drop in the 2011 Mw9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake	Earth Planets Space	in press	doi:10.5047/eps.2011.06.007	○	2(3)(3-2)ア	2(1)ア	防災科学技術研究所のF-netのCMT解を用い、2011年東北地方太平洋沖地震震源域周辺の応力場の時間変化を推定した。得られた結果から、地震後にσ1軸がプレート境界により垂直に近づくセ恩斯となっていることが分かった。このことは、応力場がほぼ解放されたことにより説明することができる。
Murotani, S., H. Miyake, and K. Koketsu	2008	Scaling of characterized slip models for plate-boundary earthquakes	Earth Planets Space	60	987-991	○	2(3)(3-2)ア	1(3)イ	近年の日本で発生したプレート境界地震の震源モデルをデータベース化し、断層面積のみならずアスペリティのスケールリング則を構築した。
Wu, C., K. Koketsu, and H. Miyake	2008	Source processes of the 1978 and 2005 Miyagi-oki, Japan, earthquakes: Repeated rupture of asperities over successive large earthquakes	J. Geophys. Res.	113	B08316, doi:10.1029/2007JB005189	○	2(3)(3-2)ア	2(3)(3-2)イ	1978年と2005年の宮城県沖地震のアスペリティの繰り返しを、震源インバージョンと強震波形比較の両面から明らかにした。
Koketsu, K., Y. Yokota, H. Ghasemi, K. Hikima, H. Miyake, and Z. Wang	2009	Source process and ground motions of the 2008 Wenchuan earthquake	Proc. Int. Conf. Earthq. Eng. for the 1st Anniversary of Wenchuan Earthquake		615-620		2(3)(3-2)ア	2(3)(3-2)イ	2008年中国・四川地震の震源過程を遠地・強震インバージョンから明らかにした。特に、震源近傍の強震記録を用いた解析を我が国で初めて行い、震源の破壊が高速で伝播（でんぱ）した可能性を指摘した。
Miyake, H., K. Koketsu, K. Hikima, M. Shinohara, and T. Kanazawa	2010	Source fault of the 2007 Chuetsu-oki, Japan, earthquake	Bull. Seism. Soc. Am.	100	384-391	○	2(3)(3-2)ア	2(3)(3-2)イ	2007年新潟県中越沖地震の主断層面が南東傾斜か北西傾斜かについて、震源インバージョンの限界を示すとともに、アスペリティの位置決定や海底地震計による余震分布等から南東傾斜が主断層面であることを示した。
Asano, K. and T. Iwata	2011	Characterization of Stress Drops on Asperities Estimated from the Heterogeneous Kinematic Slip Model for Strong Motion Prediction for Inland Crustal Earthquakes in Japan	Pure and Applied Geophysics	168	105-116	○	2(3)(3-2)ア	2(3)(3-2)イ	筆者らが強震記録を用いることにより求めた、空間的分解能の高い内陸地殻内地震の不均質滑りモデル、及び同様の方法で求められたモデルを用いて、応力降下量の空間分布を求め、アスペリティ領域における応力降下量の深さ依存性を求め、経験式を提案した。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Iwata, T. and K. Asano	2011	Characterization of the Heterogeneous Source Model of Intraslab Earthquakes toward Strong Ground Motion Prediction	Pure and Applied Geophysics	168	117-124	○	2(3) (3-2) ア	2(3) (3-2) イ	スラブ内地震による強震動の予測を目指し、スラブ内地震の不均質震源モデルを収集して、滑り特性化を行った。断層面積、アスペリティサイズの地震規模に対する経験式を提案した。
瀧口正治・浅野公之・岩田知孝	2011	近地強震記録を用いた海溝型繰り返し地震の震源過程の推定と比較ー茨城県沖で1982年と2008年に発生したM7の地震を対象としてー	地震	63	223-242	○	2(3) (3-2) ア		Suzuki and Iwata (2005)と同様の方法で、1982年、2008年の茨城県沖地震の強震動生成領域を求め、破壊様式の違い、応力降下量の違いについて見積もり、「くりがえしイベント」の相違点を指摘した。
Sekiguchi, H. and M. Yoshimi	2011	Broadband ground motion reconstruction for the Kanto basin during the 1923 Kanto earthquake	Pure and Applied Geophysics	168	609-630	○	2(3) (3-2) ア	2(3) (3-2) イ	波形インバージョンによる長周期の震源モデルを基に、震源パラメータの経験則と不均質震源像モデルを用いて広帯域の震源モデルを作成、最新の関東平野の深部・浅部構造モデルを用いて広帯域の地震動分布の再現を試みた。
Suzuki, W. and T. Iwata	2007	Source model of the 2005 Miyagi-Oki, Japan, earthquake estimated from broadband strong motions	Earth Planets Space	59	1155-1171	○	2(3) (3-2) ア	2(3) (3-2) イ	2005年宮城県沖地震の強震動生成に関するパッチモデルを提案した。二つの強震動生成領域が推定された。1978年の同様の研究と比較して、強震動生成域が重なっていない可能性を指摘した。
Asano, K. and T. Iwata	2006	Source process and near-source ground motions of the 2005 West Off Fukuoka Prefecture earthquake	Earth Planets Space	58	93-98	○	2(3) (3-2) ア	2(3) (3-2) イ	2005年福岡県西方沖地震の震源モデルを、強震記録を用いて推定した。破壊開始後約3秒の後に主破壊が破壊開始点から陸側で始まった。この影響により福岡市域に強いディレクティブパルス波が生成された。福岡市域の強震動の定量的評価を、推定した震源モデルと地下構造モデルに基づいて行った。
Hori, M., S. Matsumoto, K. Uehira, T. Okada, T. Yamada, Y. Iio, M. Shinohara, H. Miyamachi, H. Takahashi, K. Nakahigashi, A. Watanabe, T. Matsushima, N. Matsuwo, T. Kanazawa, and H. Shimizu	2006	Three-dimensional seismic velocity structure as determined by double-difference tomography in and around the focal area of the 2005 West off Fukuoka Prefecture earthquake	Earth Planets Space	58	1621-1626	○	2(3) (3-2) ア	2(1) ウ	2005年福岡県西方沖地震の震源断層近傍の三次元地震波速度構造を、臨時OBS観測も含めた高密度な地震観測網のデータを用いて明らかにした。その結果、強震動解析などから推定されているアスペリティの領域が高速度域に対応していること、一方、本震震源(破壊開始点)はやや低速度域にあることが示された。
Uehira, K., T. Yamada, M. Shinohara, K. Nakahigashi, H. Miyamachi, Y. Iio, T. Okada, H. Takahashi, N. Matsuwo, K. Uchida, T. Kanazawa, and H. Shimizu	2006	Precise aftershock distribution of the 2005 West Off Fukuoka Prefecture Earthquake (Mj=7.0) using a dense onshore and offshore seismic network	Earth Planets Space	58	1605-1610	○	2(3) (3-2) ア	2(2) (2-1) ウ	2005年福岡県西方沖地震の精密震源分布と発震機構を、臨時OBSを含めた稠密地震観測網のデータを使って求めた。その結果、震源断層は数枚の断層面(セグメント)から成ること、本震は深さ9.5 kmからまず下部の小セグメントを破壊、その後上部の主セグメントへ進展したと推定されることなど、震源断層の詳細な形状と破壊過程の特徴が明らかになった。
山口慎司・川方裕則・安達俊仁・梅田康弘	2007	2005年福岡県西方沖地震の破壊初期段階の特徴	地震	59	241-252	○	2(3) (3-2) ア	2(4) ウ	2005年福岡県西方沖地震の破壊初期段階の波形記録を調べた。その結果、初期破壊は同程度の規模を持つ余震とは破壊過程が異なり、徐々に成長を続けていく様相が示された。
Aoi, S., B. Enescu, W. Suzuki, Y. Asano, K. Obara, T. Kunugi, and K. Shiomi	2010	Stress transfer in the Tokai subduction zone from the 2009 Suruga Bay earthquake in Japan	Nature Geoscience	3	496-500	○	2(3) (3-2) ア	1(1) ア	防災科学技術研究所が整備・運用している三種類の地震観測網(K-NET/KiK-net(強震観測網)、Hi-net(高感度地震観測網)及びF-net(広帯域地震観測網))の地震観測記録を用いて、2009年8月11日に発生した駿河湾の地震が、想定される東海地震の震源域に及ぼした影響の評価を行った。
<b>イ. 強震動・津波の生成過程</b>									
Guaman, A. R., Y. Tanioka, T. Kobayashi, H. Latief, and W. Pandoe	2010	Slip distribution of the 2007 Bengkulu earthquake inferred from tsunami waveforms and InSAR data	J. Geophys. Res.	115	doi:10.1029/2010JB007565	○	2(3) (3-2) イ	2(1) オ	2007年Bengkuluスマトラ巨大地震の滑り量分布を津波波形データとInSARデータのジョイントインバージョンにより推定した。津波波形インバージョンにより滑りの方向も推定することができた世界で初めての結果である。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Tsushima, H., R. Hino, H. Fujimoto, Y. Tanioka, and F. Imamura	2009	Near-field tsunami forecasting from cabled ocean bottom pressure data	J. Geophys. Res.	114	B06309, doi:10.1029/2008JB005988	○	2(3)(3-2)イ	1(1)イ	オンラインの海底津波計のデータを用いることで、海岸の津波を高精度かつリアルタイムに予測可能であることを示した。
Nakahara, H., H. Sato, T. Nishimura, and H. Fujiwara	2011	Direct observation of rupture propagation during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku, Japan, earthquake (Mw 9.0) using a small seismic array	Earth Planets Space	in press	doi:10.5047/eps.2011.06.002	○	2(3)(3-2)イ	2(3)(3-2)ア	牡鹿半島における強震動アレイ観測により、3月11日の東北地方太平洋沖地震の断層破壊過程の詳細を明らかにすることに成功した。
Tsuji, T., Y. Ito, M. Kido, Y. Osada, H. Fujimoto, J. Ashi, M. Kinoshita, and T. Matsuoka	2011	Potential Tsunamiogenic Faults of the 2011 Tohoku Earthquake	Earth Planets Space	in press	doi:10.5047/eps.2011.05.028	○	2(3)(3-2)イ	2(1)ウ	2011年東北沖巨大地震の震源域付近に複数の海底断層があり、1999年の反射法地震探査とそれに基づく2008年の潜水調査船しんかい6500による潜航調査が行われている。冷湧水に依存する生物コロニーの存在や急崖の存在はそれらが活断層であることを示しており、その運動が短波長の巨大津波を引き起こした可能性がある。
Hayashi, Y.	2010	Empirical relationship of tsunami height between offshore and coastal stations	Earth Planets Space	62	269-275	○	2(3)(3-2)イ		海岸の潮位観測施設と全国港湾海洋波浪観測網(NOWPHAS)の沖合波浪観測施設との両方で津波の記録が得られた観測例を収集し、両者での津波第一波振幅と最大振幅について、それぞれ関係式を導いた。
林豊・今村文彦・越村俊一	2010	津波減衰過程のトレンドとばらつき性の性質の遠地津波予測への活用可能性	土木学会論文集 B2(海岸工学)	B2-66	211-215	○	2(3)(3-2)イ		津波の減衰過程において、移動自乗平均振幅の3倍以上の半振幅の波が出現することがまれだという性質に、移動自乗平均振幅の時間減衰の近似関数を組み合わせれば、津波警報の解除のタイミングの予告を伴う情報発表が可能になることを示した。
Tsushima, H., K. Hirata, Y. Hayashi, Y. Tanioka, K. Kimura, S. Sakai, M. Shinohara, T. Kanazawa, R. Hino, and K. Maeda	2011	Near-field tsunami forecasting using offshore tsunami data from the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake	Earth Planets Space	accepted		○	2(3)(3-2)イ		2011年東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波は、日本近海に設置された様々な沖合津波観測点で、沿岸への襲来に先駆けて検知された。本研究では、こうしたデータに、開発中の津波予測手法を適用し、早期予測の可能性を調べた。その結果、三陸海岸の大船渡などの検潮所で水位上昇が1mに達する時刻の少なくとも5分前には、こうした沿岸地域に巨大な津波が迫っていることを予測できる可能性があることが分かった。
<b>(3-3) 火山噴火過程</b>									
<b>ア. 噴火機構の解明とモデル化</b>									
Aoyama, H. and H. Oshima	2008	Tilt change recorded by broadband seismometer prior to small phreatic explosion of Meakan-dake volcano, Hokkaido, Japan	Geophys. Res. Lett.	35	doi:10.1029/2007GL032988	○	2(3)(3-3)ア		2006年に起こった雌阿寒岳の小規模水蒸気爆発に伴う前兆群発地震活動期間中に広帯域地震計が記録した微動の中に傾斜変動が含まれることを見いだし、広帯域地震計が傾斜観測に利用できることを示すとともに、それを開口割れ目で説明し、前兆に乏しいとされてきた水蒸気爆発について発生予測と発生機構を理解する手がかりを与えた。
Nishimura, T. and M. Iguchi	2011	Volcanic earthquakes and tremor in Japan	Kyoto University Press, Kyoto		253pp		2(3)(3-3)ア	2(2)(2-2)ア	近年までの日本で観測された火山性地震と微動について、火山活動や噴火時の地震波信号の理解に役立てられるように2006年に日本語で出版したものの英語版。
Mori T. and Burton M.	2009	Quantification of the gas mass emitted during single explosions on Stromboli with the SO2 imaging camera.	J. Volcanol. Geotherm. Res.	188	395-400	○	2(3)(3-3)ア	3(3)イ	イタリア・ストロンボリ火山で二酸化硫黄可視化装置を用い、1回のストロンボリ式噴火でどれくらいのガスを放出するかを初めて定量化した。
Kazahaya R., Mori T., Takeo M., Ohminato T., Urabe T. and Maeda Y.	2011	Relation between single very-long-period pulses and volcanic gas emissions at Mt. Asama, Japan.	Geophys. Res. Lett.	38	doi:10.1029/2011GL047555	○	2(3)(3-3)ア		浅間火山で発生する超長周期(VLP)地震に伴って噴出するガス量を二酸化硫黄可視化装置で測定し、VLPの規模と二酸化硫黄放出率の間に相関関係があることを観測によって示した。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Maeda, Y. and M. Takeo	2011	Very-Long-Period pulses at Asama volcano, central Japan, inferred from dense seismic observations	Geophys. J. Int.	185	265-282	○	2(3) (3-3)ア		浅間山火道浅部で発生する傾斜を伴う地震の発生場所と発生機構を、火口近傍の稠密広帯域地震観測データから明らかにし、火口からの火山ガス噴出との関連も解明した。火道浅部での火山活動を明らかにする上で大きな成果を上げた。
Tanaka, H.K.M. H. Taira, T. Uchida, M. Tanaka, M. Takeo, T. Ohminato, and H. Tsuji	2010	Three dimensional CAT scan of a volcano with cosmic-ray muon radiography	J. Geophys. Res.	115	doi:10.1029/2010JB007677	○	2(3) (3-3)ア	3(3)ア	浅間山の火口底直下の火道内部の三次元的な密度分布を火口の東と北に設置したミュオン検出装置により初めて明らかにした。火道浅部の構造を知る上で大きな成果を上げた。
Tanaka, H.K.M., T. Uchida, M. Tanaka, M. Takeo, J. Oikawa, T. Ohminato, Y. Aoki, E. Koyama and H. Tsuji	2009	Detecting a mass change inside a volcano by cosmic-ray muon radiography (muography): First results from measurements at Asama volcano, Japan	Geophys. Res. Lett.	36	doi:10.1029/2009GL039448	○	2(3) (3-3)ア	3(3)ア	宇宙線を用いて透視画像を得るためのリアルタイム観測を実施するシステムを開発し、浅間山において二方向から運用した。2009年2月の浅間山微噴火の前後での火道近傍の密度構造変化から、水蒸気爆発が発生していることを確認した。透視画像は噴火推移予測のための資料として提供された。
Nogami, K., M. Iguchi, K. Ishihara, J. Hirabayashi, and D. Miki	2006	Behavior of fluorine and chlorine in volcanic ash of Sakurajima volcano, Japan in the sequence of its eruptive activity	Earth Planets Space	58	595-600	○	2(3) (3-3)ア		桜島の火山灰中のフッ素及び塩素の濃度変化と噴火の推移の関連を示した。
Kanda, W., M. Utsugi, Y. Tanaka, T. Hashimoto, I. Fujii, T. Hasenaka, N. Shigeno	2010	A heating process of Kuchi-erabu-jima volcano, Japan, as inferred from geomagnetic field variations and electrical structure	J. Volcanol. Geotherm. Res.	189	158-171	○	2(3) (3-3)ア	2(2) (2-2)ア	火山活動に伴う全磁力変動源と比抵抗構造との解析によって口永良部島火山の熱水系とその熱源の変動を明らかにした。
Maryanto, S., M. Iguchi and T. Tameguri	2008	Constraints on source mechanism of harmonic tremor based on seismological, ground deformation and visual observations at Sakurajima Volcano, Japan	J. Volcanol. Geotherm. Res.	170	198-217	○	2(3) (3-3)ア		桜島のハーモニック微動を二種類に分類し、卓越周波数の変化とそれに伴う表面現象から火道内の状態を推察した。
Iguchi, M., H. Yakiwara, T. Tameguri, M. Hendrasto and J. Hirabayashi	2008	Mechanism of explosive eruption revealed by geophysical observations at the Sakurajima, Suwanosejima and Semeru volcanoes	J. Volcanol. Geotherm. Res.	178	1-9	○	2(3) (3-3)ア		火山爆発は先行する火山体の膨張と噴火に伴う収縮を伴う。爆発発生直前に膨張から収縮に転換するが、その時に、小規模な収縮と小規模で急激な膨張を伴う。小規模な収縮は上昇したマグマの過剰圧による火道最先端に形成されたガスだまりからのガスの逸脱、小収縮はガスの逸脱による減圧により引き起こされたマグマの急激な発泡と解釈される。
Geshi, N. and T. Oikawa,	2008	Phreatomagmatic eruptions associated with the caldera collapse during the Miyakejima 2000 eruption, Japan	J. Volcanol. Geotherm. Res.	176	457-468	○	2(3) (3-3)ア		三宅島火山2000年噴火の噴出物の野外調査及び構成粒子の解析により、カルデラ形成に伴うマグマ水蒸気噴火のメカニズムのモデルを提唱した。三宅島2000年噴火ではカルデラ形成による荷重の除去がマグマ水蒸気を誘発した要因の一つであることを提唱した。

## イ. 噴火の推移と多様性の把握

Aoyama, H., S. Onizawa, T. Kobayashi, T. Tameguri, T. Hashimoto, H. Oshima and H. Y. Mori	2009	Inter-eruptive volcanism at Usu volcano: Micro-earthquakes and dome subsidence	J. Volcanol. Geotherm. Res.	187	203-217	○	2(3) (3-3)イ		1977-82年噴火活動終息後に比べて高い状態にある有珠山の2000年噴火終息後の地震活動について、臨時地震観測結果やSAR干渉解析結果、既存の研究成果を併せて検討し、この状態は、2000年噴火と無関係に、1995年頃から始まる活動の延長線上にあり、1977-82年噴火で有珠山頂部直下に貫入したマグマの延性-脆性(ぜいせい)転移で説明されることを示し、貫入マグマの長期的な状態変化を議論した論文である。
Hashimoto, T., T. Hurst, A. Suzuki, T. Mogi, Y. Yamaya and M. Tamura	2008	The role of Thermal Viscous Remanent Magnetisation (TVRM) in magnetic changes associated with volcanic eruptions: insights from the 2000 eruption of Mt Usu, Japan	J. Volcanol. Geotherm. Res.	176	610-616	○	2(3) (3-3)イ		有珠山の2000年新山地域で行った全磁力観測から二つの帯磁源を見だし、表面熱活動の消長や浅部地下構造を加味して、波長の長い変化は貫入マグマの冷却帯磁で、短波長の変化は浅部に分布が想定される逆帯磁岩体の熱粘性磁化獲得で説明し、2000年新山の地下磁気構造モデルを提案した論文である。特に掘削探査で逆帯磁岩体が確認されれば、熱粘性磁化獲得モデルについては世界的にも数少ない観測研究となる。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Terada, A., T. Kagiya, H. Oshima	2008	Ice Box Calorimetry: A handy method for estimation of heat discharge rates through a steaming ground	Earth Planets Space	60	699-703	○	2(3) (3-3)イ		一定量の氷の融解時間から放熱量を推定する方法を実験的、理論的な検討を通して実用化するとともに、この方法を2000年噴火活動終息後に発達した2000年新山の地熱異常域で用いて、2005年以降の放熱量が一律減少にあることを明らかにした論文である。加えて放熱量の減少率を、1977-82年の噴火後に山頂部で発達した地熱異常域での放熱量減少率と比較し、貫入マグマの大きさや状態変化についても議論している。
Komori, S., Kagiya, T., Hoshizumi, H., Takakura, S. and Mimura, M.	2010	Vertical mapping of hydrothermal fluids and alteration from bulk conductivity: Simple interpretation on the USDP-1 site, Unzen Volcano, SW Japan	J. Volcanol. Geotherm. Res.	198	339-347	○	2(3) (3-3)イ		電磁気構造調査によって観測される電気伝導度を間隙水の電気伝導度と岩石のマトリックス部分の電気伝導度に分離する手法を開発した。この手法を適用することで、マグマから発散される揮発性成分の量を電磁気構造調査によって明らかにする道が開かれた。
<b>(4) 地震発生・火山噴火素過程</b>									
<b>ア. 岩石の変形・破壊の物理的・化学的素過程</b>									
Okamoto, A. and N. Tsuchiya	2009	Velocity and vertical fluid ascent within vein-forming fractures.	Geology	37	563-566	○	2(4)ア		
Watanabe, N., N. Hirano, and N. Tsuchiya.	2009	Diversity of channeling flow in heterogeneous aperture distribution inferred from integrated experimental-numerical analysis on flow through shear fracture in granite.	J. Geophys. Res.	114	1-17	○	2(4)ア		岩石き裂内の流体流動を実験と数値計算の両面から検討し、引張り裂にせん断変位を与えた場合の封圧下での流体流動は、優先流路を選択的に流れるチャネリングフローであることを明らかにして、その特性を封圧とせん断変位を変化させて究明に明らかにすることに成功した。スケール規模ははるかに小さいが、断層面、及びアスペリティー周辺での流体流動の特性を検討する足掛かりを得た。
Muto, J.	2011	Rheological structure of northeastern Japan lithosphere based on geophysical observations and rock mechanics	Tectonophys.	503	201-206	○	2(4)ア	2(1)オ	近年の地球物理学的観測や岩石力学的実験の結果を統合した東北日本弧の強度断面を作成した。測地的に得られた東西短縮ひずみ速度において、計算された強度断面は、測地的に得られた奥羽山脈へのひずみ集中や微小地震の浅発化を予測する。このような強度の弱い領域は、地震後の余効変動や地震に先立つ断層への応力集中機構として既存断層の再活動を引き起こすことを示した。
Nakatani, M. and Scholz, C.H.	2006	Intrinsic and apparent short-time limits for fault healing: Theory, observations, and implications for velocity-dependent friction	J. Geophys. Res.	111	doi:10.1029/2005JB004096	○	2(4)ア	2(3) (3-1)イ	
Yoshioka, N and Sakaguchi, H.	2006	An experimental trial to detect nucleation process by transmission waves across a simulated faults with a gouge layer	Advances in Geoscineces	1	105-116	○	2(4)ア	2(3) (3-1)イ	
Hatano, T.	2009	Growing length and time scales in a suspension of athermal particles	Phys. Rev. E	79	doi:10.1103/PhysRevE.79.050301	○	2(4)ア	2(3) (3-1)イ	
Takei, Y. and Hier-Majumder, S.	2009	A generalized formulation of interfacial tension driven fluid migration with dissolution/precipitation	Earth Planet. Sci. Lett.	288	138-148	○	2(4)ア	2(4)イ	
Shimizu, I.	in press	Steady-state grain size in dynamic recrystallization of minerals	Recrystalliation			○	2(4)ア	2(4)イ	

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Yoshimitsu, N., and H. Kawakata	2011	Temporal Changes in the Q of Broadband P Waves Transmitting through a Fracturing Westerly Granite Sample under Triaxial Compressive Conditions	Bull. Seism. Soc. Am.	101	421-426	○	2(4)ア	2(3)(3-1)ア	花こう岩試料の三軸圧縮破壊試験を行い、試料の円筒軸方向に透過させたP波の非弾性減衰パラメータQの変化を調べた。その結果、破壊に先行して明瞭にQが低下する、すなわち減衰が強くなることが明らかにされた。
Hirono, T., Ujiie, K., Ishikawa, T., Mishima, T., Hamada, Y., et. Al.	2009	Estimation of temperature rise in a shallow slip zone of the megasplay fault in the Nankai Trough	Tectonophys.	478/3-4	215-220	○	2(4)ア	2(3)(3-2)ア	巨大分岐断層滑り面での温度上昇。
Ujiie, K., and A. Tsutsumi	2010	High-velocity frictional properties of clay-rich fault gouge in a megasplay fault zone, Nankai subduction zone	Geophys. Res. Lett.	37		○	2(4)ア	2(4)イ	
Sakaguchi, A. and 11 others	2011	Seismic slip propagation to the up-dip end of plate boundary subduction interface faults: Vitrinite reflectance geothermometry on Integrated Ocean Drilling Program NanTroSEIZE cores	Geology	39	395-398	○	2(4)ア	2(4)イ	ビトリナイト反射率による熱史とひずみ破壊進行
M.Takahashi K. Mizoguchi K. Masuda	2009	Potential of phyllosilicate dehydration and dehydroxylation reactions to trigger earthquakes	J. Geophys. Res.	114	doi:10.1029/2008JB005630	○	2(4)ア	2(4)イ	粘土鉱物は比較的安定滑りを起こすことが知られているが、一方でその鉱物内にある水が熱により脱水を起こすと急激にその性質を失うことになる。また脱水により発生した流体が断層空間内に閉じこめられていれば（非排水条件）、高い水圧の発生により断層は不安定になると考えられている。モンモリロナイトの層間水の脱水とカオリナイトの構造水の脱水の二種の脱水について、500度までの加熱による脱水の様式の違いや、強度変化について調べ、脱水による水圧の上昇を見積もった。
N. Shiegmatsu K. Fujimoto T. Ohtani B. Shibasaki T. Tomita H. Tanaka Y. Miyashita	2009	Localisation of plastic flow in the mid-crust along a crustal-scale fault: insight from the Hatagawa Fault Zone NE Japan	J. Structural Geol.	31	601-614	○	2(4)ア	2(4)イ	
<b>イ. 地殻・上部マントルの物性の環境依存性</b>									
Nishimoto, S., M. Ishikawa, M. Arima, Y. Yoshida, and J. Nakajima	2008	Simultaneous high P-T measurements of ultrasonic compressional and shear wave velocities in Ichino-megata mafic xenoliths: Their bearings on seismic velocity perturbations in lower crust of Northeast Japan arc	J. Geophys. Res.	113	B12212, doi:10.1029/2008JB005587	○	2(4)イ	2(1)ウ	
Ujiie, K., Kameyama, M. and Yamaguchi, A.	2010	Geological record of thermal pressurization and earthquake instability of subduction thrusts	Tectonophys.	485	260-268	○	2(4)イ		
<b>ウ. 摩擦・破壊現象の規模依存性</b>									
Ujiie, K., Tsutsumi, A., Fialko, Y. and Yamaguchi, H.	2009	Experimental investigation of frictional melting of argillite at high slip rates: Implications for seismic slip in subduction-accretion complexes	J. Geophys. Res.	118	doi:10.1029/2008JB006165	○	2(4)ウ	2(4)イ	
Yamada, T., J. J. Mori, S. Ide, R. E. Abercrombie, H. Kawakata, M. Nakatani, Y. Iio, and H. Ogasawara	2007	Stress drops and radiated seismic energies of microearthquakes in a South African gold mine	J. Geophys. Res.	112	doi:10.1029/2006JB004553	○	2(4)ウ	2(3)(3-2)ア	南アフリカ金鉱山において発生したMw0.0~1.3の地震の波形記録を用いて、応力降下量と地震波放射エネルギーを推定した。その結果、Mw~0程度の小さい地震においても、中大規模地震と同程度の応力降下量、モーメント規格化エネルギーを持つことが示され、似たような動的破壊過程を持つことが示唆された。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Yabe, Y., J. Philipp, M. Nakatani, G. Morema, M. Naoi, H. Kawakata, T. Igarashi, G. Dresen, H. Ogawasara, and JAGUARS	2009	Observation of numerous aftershocks of an Mw 1.9 earthquake with an AE network installed in a deep gold mine in South Africa	Earth Planets Space	61	e49-e52	○	2(4)ウ	2(3)(3-1)ア	南アフリカ金鉱山において展開されたAE観測網の近傍約30 mにおいて、Mw1.9の地震が発生した。これに伴い、本震後6日強の期間内にM>-4の余震を20000個以上検出することに成功した。また、そのうちの13000個は面的に分布することも明らかにされた。
<b>エ. マグマの分化・発泡・脱ガス過程</b>									
Nishimura, T.	2009	Volcano deformation caused by magma ascent in an open conduit	J. Volcanol. Geotherm. Res.	187	178-192	○	2(4)エ	2(3)(3-3)ア	開口型火道を上昇するマグマによる山体変形について、理論的な考察を行った。気泡成長の有無により、膨張現象に時間的な変化が現れることから、爆発性の主因である揮発性成分の挙動を測地学的データから測定できることを示した。
Okumura, S., M. Nakamura, S. Takeuchi, A. Tsuchiyama, T. Nakano, and K. Uesugi	2009	Magma deformation may induce non-explosive volcanism via degassing through bubble networks	Earth Planet. Sci. Lett.	281	267-274	○	2(4)エ	2(3)(3-3)ア	
Ichihara, M. and M.B. Rubin	2010	Brittleness of fracture in flowing magma	J. Geophys. Res.	115	doi:10.1029/2010JB007820	○	2(4)エ	2(4)ア	爆発的噴火におけるマグマと波動の放出素過程においては、マグマの流動と破壊が重要な役割を果たしている。これまで、流体の脆性(ぜいせい)破壊について、明確な定義がなかったため、議論が混乱していた。そこで、流体の破壊の脆性を決めるパラメータを理論的考察によって提案し、これまで行われてきたマグマ破碎のモデル実験の結果を再検討した。その結果、モデル事件の結果を爆発的噴火の数値モデルに反映させる道筋ができた。
Miwa, T., A. Toramaru, M. Iguchi	2009	Correlations of volcanic ash texture with explosion earthquakes from vulcanian eruptions at Sakurajima volcano, Japan	J. Volcanol. Geotherm. Res.	184	473-486	○	2(4)エ	2(3)(3-3)ア	物質科学的研究によって、桜島ブルカノ式噴火における噴火直前の火道内部の状態と噴火強度との間の相関を発見した。
<b>3. 新たな観測技術の開発</b>									
<b>(1) 海底における観測技術の開発と高度化</b>									
<b>ア. 海底地殻変動観測技術</b>									
Kido, M., H. Fujimoto, S. Miura, Y. Osada, K. Tsuka, and T. Tabei	2006	Seafloor displacement at Kumano-nada caused by the 2004 off Kii Peninsula earthquake, detected through repeated GPS/Acoustic surveys	Earth Planets Space	58	911-915	○	3(1)ア	1(1)ウ	2004年紀伊半島沖地震の震源近傍にある海底地殻変動観測点での地震前後の繰り返し観測により、南南東30 cmの地震時変位を捉え、地震断層の推定に寄与した。海底の地震時変位を捉えた世界初の成果となった。
Kido, M., Y. Osada, H. Fujimoto, R. Hino, and Y. Ito	2011	Trench-normal variation in observed seafloor displacements associated with the 2011 Tohoku-Oki earthquake	Geophys. Res. Lett.	38	doi:10.1029/2011GL050057	○	3(1)ア	1(1)イ	宮城沖の二つの海底GPS観測点において東北地方太平洋沖地震に伴う海底地殻変動を観測した。海溝軸から約50 kmのGJT3において観測された東南東方向に31 mの変位は、海溝軸近くのプレート境界において50 m程度の巨大な滑りがあったことを示している。



著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Fujimoto, H., M. Kido, Y. Osada, K. Tadokoro, T. Okuda, Y. Matsumoto, and K. Kurihara,	2011	Long-term stability of acoustic benchmarks deployed on thick sediment for GPS/Acoustic seafloor positioning	in "Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin", ed. by Y. Ogawa, R. Anma and Y. Dilek, Modern Approaches in Solid Earth Sciences, Vol. 8, Springer, Dordrecht		doi:10.1007/978-90-481-8885-7, 263-272	○	3(1)ア	1(1)ウ	2004年紀伊半島南東沖地震 (Mw7.5) では、世界で初めて、海底の観測により地殻変動が検出された。この観測に用いた海底局は海面から投下し、厚い堆積層で覆われた海底に設置されており、地震による姿勢の安定性が問題だった。そこで熊野灘の海底に設置していた3機関の海底地殻変動観測用海底局10台の設置状況を、地震後にハイパードルフィンにより観察した。地震の影響は求められず、ほぼ鉛直に設置されていることを確認した。
Fujita, M., T. Ishikawa, M. Mochizuki, M. Sato, S. Toyama, M. Katayama, Y. Matsumoto, T. Yabuki, A. Asada and O. L. Colombo	2006	GPS/Acoustic seafloor geodetic observation: method of data analysis and its application	Earth Planets Space	58	265-275	○	3(1)ア	2(2) (2-1)ア	GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測について、線形最小二乗法に基づくインバージョンの手法による局位置解析ソフトウェアの開発を行い、宮城県沖における太平洋プレート沈み込みの影響によるプレート内変動の初期成果を報告し、一部のデータセットによる安定性評価を行った。
Matsumoto, Y. and M. Fujita	2006	Combined GPS/Acoustic Seafloor Geodetic Observation System by Japan Coast Guard	Journal of the Geodetic Society of Japan	52	273-278	○	3(1)ア	2(2) (2-1)ア	2000年より海上保安庁海洋情報部が実施しているGPS/音響結合方式による海底地殻変動観測の進展について、データ解析手法の開発と得られた成果を中心に、最新の動向までを概説する。
望月将志・浅田 昭・浦 環・藤田雅之	2008	海中ロボットを利用する次世代海底地殻変動観測システムの開発	測地学会誌	54, 3	189-197	○	3(1)ア	3(1)ウ	AUV (自律型海中ロボット) を利用した次世代の海底地殻変動観測システムの開発に係る試験結果等に関する報告。
<b>イ. 海底地震観測技術</b>									
<b>ウ. 海底実時間観測システム</b>									
<b>(2) 宇宙技術等の利用の高度化</b>									
<b>ア. 宇宙測地技術</b>									
Ohta, Y., T. Kobayashi, H. Tsushima, S. Miura, R. Hino, T. Takasu, H. Fujimoto, T. Iinuma, K. Tachibana, T. Demachi, T. Sato, M. Ohzono, and N. Umino	2011	Quasi real-time fault model estimation for near-field tsunami forecasting based on RTK-GPS analysis: Application to the 2011 Tohoku-Oki Earthquake (Mw 9.0)	J. Geophys. Res.	116	doi:10.1029/2011JB008750, in press	○	3(2)ア		GEONETの東日本の観測点の1秒値をリアルタイム解析することにより、2011年東北地方太平洋沖地震発生後約5分後に、震源断層を推定し、その規模をMw8.7と推定できることが分かった。このシステムを用いれば、規模の推定に時間がかかる超巨大地震の場合でも、地震発生後6分後に、信頼できる巨大津波警報を出すことができる。
太田雄策・鷺谷威・木股文昭	2006	PPPキネマティックGPSの長期安定性評価	測地学会誌	52	309-318	○	3(2)ア		固定点によらない精密単独測位法に基づいたキネマティック解析の長期的な安定性及びノイズ特性について詳細に調べた。特定の衛星の面外制御による軌道擾乱 (じょうらん) によって推定時系列も顕著な擾乱を受けることを指摘した。
小澤拓, 清水慎吾	2011	数値気象モデルを用いたSAR干渉解析における大気遅延誤差の軽減	測地学会誌	56	137-147	○	3(2)ア		

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
R. Ohtani, J. J. McGuire and P. Segall	2010	Network strain filter: A new tool for monitoring and detecting transient deformation signals in GPS arrays	J. Geophys. Res.	115	B12418-B12434	○	3(2)ア		大規模な連続測地観測網から、ゆっくりとした地殻変動を検出するためにネットワークフィルター(NSF)を開発した。その原理は、観測網全体から時空間的に相関のある信号を検出することによる。南カリフォルニアにあるGPS連続観測網(SCIGN)を模した数値実験、及び国土地理院のGPS連続観測網(GEONET)の実際のデータで解析した結果、NSFにより、半自動的にゆっくりとした変動を検出できた。
Munekane, H., Y. Kuroishi, Y. Hatanaka, and H. Yarai	2008	Spurious annual vertical deformations over Japan due to mismodelling of tropospheric delays	Geophys. J. Int.	176	831-836	○	3(2)ア		GPS鉛直座標時系列に含まれる、大気遅延量の誤推定に伴う年周誤差について、数値気象モデルに基づくシミュレーションにより定量的な評価を行った。その結果、GPS解析で用いるマッピング関数として一般的に使用されているNMFを用いた場合、年周誤差の振幅は北に行くほど大きく、北緯45度で3 mmに達すること、また、その位相は日本全体でほぼ一様であり、2月末に最大の見掛け上の沈降を示すこと、などが分かった。
Tobita, M., T. Nishimura, T. Kobayashi, K. X. Hao, and Y. Shindo	2011	Estimation of coseismic deformation and a fault model of the 2010 Yushu earthquake using PALSAR interferometry data	Earth Planet. Sci. Lett.	307	430-438	○	3(2)ア		ScanSAR干渉技術の開発や位相連続化手法の改良といった衛星SAR干渉解析による地殻変動把握技術の高度化を行い、2010年青海省地震に伴う地表地震断層沿いの左横ずれ量分布を推定することに成功した。
Kobayashi, T., M. Tobita, T. Nishimura, A. Suzuki, Y. Noguchi, and M. Yamanaka	2011	Crustal deformation map for the 2011 off the Pacific coast of Japan, Tohoku Earthquake, detected by InSAR analysis combined with GEONET data	Earth Planets Space	63	621-625	○	3(2)ア	1(1)ア	GPSデータとの統合解析手法を適用したSAR干渉解析を東北地方太平洋沖地震において行った。精度が低い速報的軌道情報(RARR値)を用いた干渉解析においても、GPSデータを組み込むことにより、軌道情報の誤差に起因するノイズが低減され、地殻変動を正確かつ迅速に抽出できることを示した。
<b>イ. リモートセンシング技術</b>									
金子隆之・高崎健二・安田 敦・青木陽介	2006	MODIS夜間赤外画像による浅間山2004-2005年活動の熱観測	火山	51	273-283	○	3(2)イ		MODISの夜間赤外画像を利用して、浅間山2004~2005年の活動を解析した。この結果、熱異常のバルスが4回観測され、これらはGPSで検知された浅部へのマグマ貫入に対応し、その数週間後に発生していることが分かった。最初の2回の熱異常バルスは噴火を伴っているが、残りの2回は熱異常の発生だけであった。また、一連の噴火活動が始まる2~3週間前から熱異常のレベルが上昇していたことが分かった。
Kaneko, T., T. Koyama, A. Yasuda, M. Takeo, T. Yanagisawa, K. Kajiwara, and Y. Honda	2011	Low-altitude remote sensing of volcanoes using an unmanned autonomous helicopter: an example of aeromagnetic observation at Izu-Oshima volcano, JAPAN	Inter. J. Remote Sens.	32	1491-1504	○	3(2)イ		無人ヘリを火山の低空リモートセンシングに利用するための基礎実験を伊豆大島で行った。この実験では、センサーとして磁力計を搭載し、低空からの空中磁気観測を行った。この結果、カルデラ内に、北西-南東方向の岩脈群が存在する可能性があることが分かった。この実験を通じ、無人ヘリは火山の低空観測プラットフォームとして、十分な実用度を持つことが確かめられた。
新堀敏基・相川百合・福井敬一・橋本明弘・清野直子・山里平	2010	火山灰移流拡散モデルによる量的降灰予測-2009年浅間山噴火の事例-	気象研究所研究報告	61	13-29	○	3(2)イ	2(3)(3-3)イ	降灰予測のために開発した火山灰移流拡散モデルを用いて、降灰量の量的予測を行う数値シミュレーションの方法を論じた。その方法を2009年2月2日浅間山噴火の事例に適用したところ、降灰域の定性的な特徴はおおむね予測でき、分布主軸上の降灰量も観測値と同じオーダーで予測可能であることが示された。
<b>(3) 観測技術の継続的高度化</b>									
<b>ア. 地下状態モニタリング技術</b>									
Tanaka, H. K. M., T. Uchida, M. Tanaka, H. Shinohara, and H. Taira	2010	Development of a portable assembly type cosmic-ray muon module for measuring the density structure of a column of magma	Earth Planets Space	62	119-129	○	3(3)ア	3(3)イ	本論文は、宇宙線ミュオンを用いた密度構造を測定するために新たに開発した移動可能な検出器システムと、解析手法を述べている。低消費電力と機動性を備えた新装置を用いて、薩摩硫黄島硫黄岳で観測を行い、火山体浅部に火道の存在を示す低密度領域を検出した。本論文は、宇宙線ミュオンラジオグラフィーの技術的な発展と火道浅部構造の新たな知見を示したものであり、2011年度日本火山学会論文賞に選ばれた。

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
Tanaka H.K.M., T. Nakano, S. Takahashi, J. Yoshida, and K. Niwa	2007	Development of an emulsion imaging system for cosmic-ray muon radiography to explore the internal structure of a volcano, Mt. Asama	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors, and Associated Equipment A	575	489-497	○	3(3)ア		世界で初めて宇宙線による火山の透視に成功した論文。浅間山の透視で、火口直下に2004年噴火後の固結溶岩及び空隙率の高い火道を見いだした。Nature誌のResearch Highlightでもトップで紹介された。
Kitagawa, Y., S. Itaba, N. Matsumoto, and N. Koizumi	in press	Frequency characteristics of the response of water pressure in a closed well to volumetric strain in the high-frequency domain	J. Geophys. Res.	in press	doi:10.1029/2010JB007794	○	3(3)ア	1(1)ウ	2010年チリ地震 (Mw8.8) の表面波で生じた密閉井戸における地下水圧変化を詳しく解析し、動的体積ひずみ変化による水圧変化に周波数依存があることを明らかにした。また、それを定式化した。
<b>イ. 地震活動や噴火活動の活発な地域における観測技術</b>									
Uehira, K	2009	Development of a distributed backup system and a recovery system for telemetric seismic data	Earth Planets Space	61	285-289	○	3(3)イ		テレメータ回線が大容量になり、かつ双方向通信ができるようになると、観測点側にデータをバックアップしておくことにより、回線やデータセンターサイドでの障害が発生してもデータを復旧することができる。そこで、バックアップシステムの構築と、データ復旧を簡単に行うためのWRRPというプロトコルの開発を行い、実際の九州大学のテレメータ観測網に展開し、運用を開始した。
Lisa McNeill <sup>1</sup> , Demian Saffer <sup>2</sup> , Tim Byrne <sup>3</sup> , Eiichiro Araki <sup>4</sup> , Sean Tozoko <sup>5</sup> , Nobu Eguchi <sup>6</sup> , Kyoma Takahashi <sup>5,6</sup> , and Expedition 319 Scientists <sup>7</sup>	2010	IODP Expedition 319, Stage 2 of the NanTroSEIZE Complex Drilling Project: First IODP riser drilling operations and observatory installation towards understanding seismogenic processes within Subduction Zones	Scientific Drilling			○	3(3)イ	3(3)ウ	Exp 319結果概要。
Matsushima, N., and Shinohara, H.	2006	Visible and invisible volcanic plumes	Geophys. Res. Lett.	33	doi:10.1029/2006GL026506	○	3(3)イ		火山噴煙の見掛け(白煙または半透明の噴煙)が火山噴煙の水分量と温度、化学組成の関数であることを理論的に解析し、噴煙の見た目から噴気温度を推定する手法を開発した。
Mori, T., T. Suzuki, J. Hirabayashi, K. Nogami, M. Owada, and S. Yoshikawa,	2008	Depth estimation of fumarolic gas source deduced by fume pressure measurement	Earth Planets Space	60	889-893	○	3(3)イ		活動的な噴気孔における沸騰源(気液分離)の深さを解明するために、音響共鳴現象を利用した計測方法を考案した。その計測法を地熱プラントにおいてテストして有効性を確認し、草津白根火山の噴気地帯において、沸騰源(気液分離)深度を解明した。
<b>ウ. 大深度ボアホールにおける計測技術</b>									
Toubin, H., Kitoshima, M., Asmi, J., Lallemant, S., Kimura, G., Sreaton, E., Moe, K.T., Masago, H., Curewitz, D., and IODP Expeditions 314/315/316 Scientific Party	2009	NanTroSEIZE Stage 1 Expeditions 314, 315, 316: First Drilling Program of the Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment	Sci. Drill.	8	4-17	○	3(3)ウ	3(3)イ	NanTroSEIZEステージ1の結果概要。
<b>4. 計画推進のための体制の強化</b>									
平田直	2009	日本の地震予知研究－地震予知のための観測研究計画－	地震2	61	S592-S601	○	予知計画全体 4 (6)	4(1)(2)	第1次地震予知研究計画から現計画までをレビューした。
平田直	2010	地震発生予測 -現状と課題 -	電気協会報	1030	7-12		予知計画全体 4 (6)	4(1)(2)	

著者名	発表年	題名	雑誌名	巻	ページ	査読の有無	最も関連の深い建議の項目	次に関連の深い建議の項目	概要説明
日本地震学会地震予知検討委員会	2007	地震予知の科学	東大出版会		218pp		予知計画全体 4 (6)		地震予知研究全般について分かりやすく解説した。

## 22. 国立大学法人における集中総合観測及び 構造探査実施火山の報告書一覧

報 告 書 名	発行年月	報 告 数	頁 数
有珠山の集中総合観測－1978年7月～12月－	昭和54年 4月	18	64
主要活火山の集中総合観測報告 有珠山 第2回－1982年－、樽前山 第1回－1983年－	昭和59年 8月	26	214
有珠火山における人工地震探査-観測および初動の読み取り－ (東大地震研究所彙報)－	平成15年	1	23
北海道駒ヶ岳における人工地震探査－探査の概要および初動走時	準備中		
1999年岩手火山集中総合観測報告	平成18年 8月	15	151
吾妻火山集中総合観測報告－1979年10月－	昭和56年 4月	11	111
第2回草津白根火山集中総合観測報告書(1984年9月～10月)	昭和60年12月	9	7
第3回草津白根山の集中総合観測報告書(平成4年9月～11月)	平成 8年 5月	10	82
第4回草津白根山の集中総合観測報告書(平成15年7月～11月)	平成16年10月	18	181
浅間山・草津白根山集中総合観測報告(昭和51～52年)	昭和53年 9月	13	155
浅間山集中総合観測報告(昭和56年)	昭和57年11月	11	99
火山. 特集: 2004年浅間山噴火	平成18年 3月	20	101
平成17年度浅間山電磁気構造探査の概要 (2006年度Conductivity Anomaly研究会論文集)	印刷中		
浅間山研究論文集(2006年～2010年)	平成23年2月	23	278
御嶽火山の集中総合観測(第1回, 2004年)	平成18年 2月	13	76
富士山集中総合観測報告(昭和54年)	昭和57年 8月	6	67
富士山火山の総合的研究(月刊地球号外)	平成16年11月	30	204
富士山の稠密地震観測 (2002年10月～2005年3月(東大地震研究所彙報))	投稿中		
富士山における人工地震探査-観測および走時の読み取り－ (東大地震研究所彙報)	投稿中		
伊豆大島三原山の集中観測－1974年6月－	昭和50年 9月	10	67

報 告 書 名	発行年月	報告数	頁数
伊豆大島集中総合観測報告（昭和58年）	昭和60年 8月	12	103
三宅島集中総合観測報告（昭和55年）	昭和57年 9月	9	78
第2回三宅島集中総合観測報告（昭和60年）	昭和62年 3月	8	84
阿蘇火山の集中総合観測（第1回）報告（1977年8月～12月）	昭和53年12月	11	75
阿蘇火山の集中総合観測（第2回）報告（1981年8月～12月）	昭和59年 3月	14	121
阿蘇火山の集中総合観測（第4回）報告（2008年4月～2009年3月）	平成21年 7月	17	164
雲仙岳における火山体構造探査の事前調査研究	平成 7年 3月	21	138
第2回雲仙火山の集中総合観測報告書. 2001年3月～2002年3月	平成18年 8月	7	71
霧島火山群の構造（Ⅱ）	平成 8年 3月	6	103
桜島火山の総合調査報告（昭和49年12月～昭和50年3月）	昭和50年10月	15	88
第2回桜島火山の集中総合観測（昭和51年10月～11月）	昭和52年12月	16	128
第3回桜島火山の集中総合観測（昭和53年10月～12月）	昭和55年 5月	18	123
第4回桜島火山の集中総合観測（昭和55年10月～12月）	昭和57年 6月	17	108
第5回桜島火山の集中総合観測（昭和57年10月～12月）	昭和61年 1月	15	141
第6回桜島火山の集中総合観測（昭和60年10月～12月）	昭和63年 2月	17	137
第7回桜島火山の集中総合観測（昭和63年10月～12月）	平成元年 7月	16	119
第8回桜島火山の集中総合観測（平成3年10月～平成4年3月）	平成 7年 3月	13	132
第9回桜島火山の集中総合観測（平成8年10月～平成9年9月）	平成10年 9月	14	132
第10回桜島火山の集中総合観測（平成19年6月～平成20年3月）	平成20年 4月	23	202
2008年桜島人工地震探査の目的と実施（京都大学防災研究所年報）	平成21年 6月	1	16
桜島における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究2009年	平成22年 8月	14	100
桜島における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究2010年	平成23年12月	14	94
薩摩硫黄島火山・口永良部火山の集中総合観測 -2000年8月～2001年3月	平成14年 3月	21	184

報 告 書 名	発行年月	報告数	頁数
口永良部島火山における人工地震探査-探査の概要と初動の走時について- (東大地震研究所彙報)	平成17年12月	1	30
口永良部島火山の構造探査 (京大防災研究所年報)	平成17年 4月	1	26
第1回諏訪之瀬島火山の集中総合観測-昭和59年7・8月-	昭和63年 2月	8	51
第2回諏訪之瀬島火山の集中総合観測-平成元年10月-	平成 5年 4月	11	104
第3回諏訪之瀬島火山の集中総合観測-平成10年10月-	平成12年 1月	10	108

23. 国際協力機構 火山学総合土砂災害対策コース研修員受け入れ人数(火山学のみ)

	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	計
アルゼンチン	1	1		1																			3
インドネシア			2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	27
エクアドル	1		2			1																	4
エルサルバドル													1	1		1							3
カメルーン				1	1													1					3
グアテマラ	1			1																			2
コスタリカ	1	1								1							1						4
コロンビア				1	1	1	1		1									1					6
コンゴ																					1	1	2
ザイール		1			1																		2
ソロモン	1	1																					2
タンザニア		1			1																		2
中国																						1	1
チリ						1																	1
トルコ																			1				1
ニカラグア	1	1	1			1						1											5
バブアニューギニア	1	1																					2
フィリピン		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1			1	18
ペルー			1	1	1	1				1				1	2					1			9
メキシコ		1						1															2
<b>計</b>	7	9	7	8	7	7	4	4	4	4	2	3	3	4	4	3	3	4	3	2	2	5	99



## 24. 第6期科学技術・学術審議会 測地学分科会 委員名簿

(50音順)

### (委員)

- 平田直 東京大学地震研究所地震予知研究センター長 教授  
◎ 藤井敏嗣 東京大学名誉教授

### (臨時委員)

- 石田瑞穂 独立行政法人海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域特任上席研究員  
石原和弘 京都大学防災研究所 教授  
今給黎哲郎 国土地理院地理地殻活動研究センター地理地殻活動総括研究官  
宇平幸一 気象庁地震火山部長  
久家慶子 京都大学大学院理学研究科 准教授  
清水洋 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター長  
鈴木桂子 神戸大学大学院理学研究科 准教授  
長谷川昭 東北大学名誉教授  
藤谷徳之助 財団法人日本気象協会顧問  
日置幸介 北海道大学大学院 教授

◎ : 分科会長 ○ : 分科会長代理

## 25. 第6期科学技術・学術審議会 測地学分科会 地震火山部会 委員名簿

(50音順)

### (委員)

- ◎ 平田直 東京大学地震研究所地震予知研究センター長 教授  
藤井敏嗣 東京大学名誉教授

### (臨時委員)

- 井口正人 京都大学防災研究所 准教授  
今給黎哲郎 国土地理院地理地殻活動研究センター地理地殻活動総括研究官  
宇平幸一 気象庁地震火山部長  
浦塚清峰 独立行政法人情報通信研究機構電磁波計測研究所センシングシステム研究室長  
大島弘光 北海道大学大学院附属地震火山観測研究センター 准教授  
鍵山恒臣 京都大学大学院理学研究科 教授  
久家慶子 京都大学大学院理学研究科 准教授  
栗本史雄 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門長  
○ 清水洋 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター長  
鈴木桂子 神戸大学大学院理学研究科 准教授  
関口涉次 独立行政法人防災科学技術研究所観測・予測研究領域  
地震・火山防災研究ユニット長  
仙石新 海上保安庁海洋情報部技術・国際課長  
中田節也 東京大学地震研究所 教授  
仲西理子 独立行政法人海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域研究員  
長谷川昭 東北大学名誉教授  
藤谷徳之助 財団法人日本気象協会顧問  
藤林紀枝 新潟大学人文社会・教育科学系 教授  
松澤暢 東北大学大学院理学研究科 教授  
三宅弘恵 東京大学地震研究所 助教  
森田裕一 東京大学地震研究所地震火山噴火予知研究推進センター 教授  
山中佳子 名古屋大学大学院環境学研究科准教授

◎ : 部会長 ○ : 部会長代理

26. 第6期科学技術・学術審議会 測地学分科会 地震火山部会  
観測研究計画推進委員会 委員名簿

(50音順)

(委員)

平田直 東京大学地震研究所地震予知研究センター長 教授  
藤井敏嗣 東京大学名誉教授

(臨時委員)

◎ 清水洋 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター長  
○ 松澤暢 東北大学大学院理学研究科 教授  
森田裕一 東京大学地震研究所地震火山噴火予知研究推進センター 教授

(専門委員)

市原美恵 東京大学地震研究所 助教  
金田義行 独立行政法人海洋研究開発機構 地震津波・防災研究プロジェクトリーダー  
小泉尚嗣 独立行政法人産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター主幹研究員  
齋藤誠 気象庁地震火山部管理課 地震情報企画官  
鷺谷威 名古屋大学大学院環境学研究科 教授  
棚田俊收 独立行政法人防災科学技術研究所観測・予測研究領域 地震・火山防災研究  
ユニット 地震・火山観測データセンター 火山観測管理室長  
飛田幹男 国土地理院地理地殻活動研究センター 地殻変動研究室長  
西澤あずさ 海上保安庁海洋情報部技術・国際課 地震調査官  
三浦哲 東京大学地震研究所 教授  
宮澤理稔 京都大学防災研究所 准教授

◎ : 主査 ○ : 主査代理

## 27. 地震及び火山噴火予知のための観測研究計画 の実施状況等のレビューに関する審議状況

平成23年

- 2月16日 地震火山部会（第4回）
- 4月28日 観測研究計画推進委員会（第7回）
- 5月17日 地震火山部会（第5回）
- 6月 8日 観測研究計画推進委員会（第8回）
- 8月 4日 観測研究計画推進委員会（第9回）
- 10月 6日 観測研究計画推進委員会（第10回）
- 10月25日 地震火山部会（第6回）
- 12月26日 観測研究計画推進委員会（第11回）

平成24年

- 1月30日 測地学分科会（第24回） / 地震火山部会（第7回）
- 3月 9日 観測研究計画推進委員会（第12回）
- 3月29日 地震火山部会（第8回）